Handbuch zum Programm BUBBAUTL

B&B

Programmsystem zur Berechnung und Bemessung allgemeiner Tragwerke

ANTRAS-BUB.DE

Dr. Ernst Baeck

18.1.2011

Inhaltsverzeichnis

Teil I

Zusammenstellung der Kommandos

1 Allgemeines

1.1 Kurzbeschreibung

Das Programm *BUBBAUTL* kann eingesetzt werden, um FE-Systeme zu verknüpfen und / oder diese durch Zusatzdaten wie Auflagerbedingungen und Einwirkungen zu ergänzen. *BUBBAUTL* ist eine Konsolenanwendung und wird durch Kommandos, die aus einer Eingabedatei gelesen werden gesteuert. Grundlage der Generierung sind *B&B*-Eingabedateien (formatiert oder formatfrei), die über Kommandos eingelesen werden. Wahlweise kann eine kombinierte Ausgabedatei im gewählten *B&B*-Format ausgegeben werden.

1.2 Programmsyntax

BUBBAUTL ist ein Konsolenprogramm und liest die Steuerdaten aus einer Steuerdatei. Die Bezeichnung der Steuerdatei wird dem Programm als Kommandozeilenparameter mitgeteilt. Wird das Programm ohne Vorgabe von Startoptionen aufgerufen, so wird eine Kurzhilfe ausgegeben (siehe unten).

In nachfolgender Liste wird die Kurzhilfe des Programms dargestellt, die nach parameterlosem Programmaufruf ausgegeben wird.

Die einfachste Variante das Programm einzusetzen, ist die in der Kurzhilfe zunächst dargestellte. Das Programm wird aufgerufen unter Vorgabe einer Steuerdatei, die die gewünschten Kommandos enthält. Die Steuerdatei ist eine ASCII/ANSI-Datei, die mit jedem einfachen Texteditor erstellt werden kann (z.B. Notepad unter Windows).

BUBBAUTL protokolliert die wesentlichen Generatorschritte in einer Bildschirmausgabe. Detailliertere Informationen werden in die Datei *BUBBAUTL.LOG* geschrieben. Diese Datei ist insbesondere dann von Interesse, wenn die Steuerdatei fehlerhaft ist und in der Bildschirmausgabe nur kurz auf die Fehler hingewiesen wird.

Es wird in *BUBBAUTL* keine umfangreiche Fehlerprüfung hinsichtlich des logischen Sinns der Eingaben durchgeführt. Es wird lediglich die Anzahl der Kommandoparameter untersucht und im Falle fehlender Parameter auf die Fehlersituation hingewiesen. Als fehlerhaft erkannte Kommandos werden vom Programm nicht ausgeführt. Unbekannte Kommandos werden übergangen. Das Programm bricht nicht ab, wenn Fehler erkannt werden. Kommandos, die auf den Fehler folgen, werden ausgeführt. Abschließend wird die Anzahl aufgetretener Fehler und Warnungen zur Kontrolle ausgegeben.

Das Programm arbeitet mit einer Datenbank, in der das aktuelle Resultat der Generierung abgelegt wird. Somit ist es möglich auf einer bereits existenten Datenbank aufzusetzen und die Datengenerierung in beliebig vielen Schritten durchzuführen. Wird dieser Generierungsmodus gewünscht so ist der in der Kurzhilfe als zweiter Weg skizzert zu beschreiten. Das Verarbeitungskommando wird als Kommandozeilenoption mit einem - - Zeichen eingeleitet. Darauf folgt die Vorgabe der Bezeichnung der Datenbank, die zum einen bereits existieren kann, zum anderen erst durch die durchzufhrenden Kommandos erzeugt werden soll.

1.3 Skript-Syntax

Die Steuerdatei des Programms ist eine ASCII-Datei und kann mit jedem Text-Editor geschrieben werden. Kommentarzeilen werden durch das Zeichen # eingeleitet und überlesen. Leerzeilen sind zulässig. Die Steuerdatei wird sequentiell abgearbeitet, d.h. die Reihenfolge der Kommandos ist i.A. nicht ohne Bedeutung. Eine Kommandozeile beginnt stets mit dem Kommandowort gefolgt von den jeweiligen Kommandoparametern. Kommandoparameter werden durch Leerzeichen separiert. Es kann nur ein Kommando pro Zeile ausgeführt werden.

1.4 Bauteildateien

Die Datenarten, die aus einer Bauteildatei (B&B-Eingabedatei) eingelesen werden in der nachfolgenden Tabelle aufgeführt.

Datenart	Beschreibung
1-16	Steuerdaten
18	Materialgesetze
23	Knotenkoordinaten
24	Freiheitsgrade (keine globalen Angaben mit 0-Knotennummer
25	Freiheitsgradkopplungen
30	Materialdaten
31-33	Querschnittsgruppendaten
36	Zuweisungen der Elementgruppen (Material, Querschnitte, etc.)
37	Elementedaten (zur Zeit nur bis zu 8-knotige Elemente)
40	Knotenlasten
43	Volumenlasten
44	Flächenlasten
46	Balkenlasten
47	Elementtemperaturen

Tabelle 1.1: Ausgewerte Datenarten

Zusatzdaten, wie Projektbeschreibung und Steuerdaten für den Berechnungsalgorithmus (Datenarten 1-22) können durch eine entsprechende Include-Datei (siehe 1.2) oder implizit durch die Verwendung eines Autoincludes festgelegt werden. Das Autoinclude wird dann gesetzt, wenn kein explizites Include als Dateikommando gefunden wird. Es werden in diesem Fall die Dateizeilen der ersten Bauteildatei in eine Include-Datei kopiert, die ihrerseits bei der Ausgabe der Resultatedatei berücksichtigt wird. Damit läßt sich eine B&B-Eingabedatei vollständig reproduzieren.

Die in folgender Tabelle erläuterten Datenartbereiche können wahlweise per *include* festgelegt und in die Bauteildatei eingebunden werden. Werden keine *include*-Dateien festgelegt, werden die Daten der letzten Bauteildatei übernommen.

Datenart	Include	Beschreibung
1-22	0	Projektbezeichnung, Steuerdaten
25-35	1	Gruppendaten
41-48	2	Belastungsdaten – ohne Knotenlasten
ab 49	3	Kombinatioinsdaten und Optimierungsdaten

Tabelle 1.2: Includedateien

1.5 Filterlisten

Eine Filteranweisung wird durch einen Text (ohne Leerzeichen) beschrieben, der die folgenden Optionen enthalten kann.

Gebietstyp	Gebietsbeschreibung	Beispiele	Auflösung
Bereich	von-bis;	5-8;	5,6,7,8
Endbereich	von-;	5-;	von 5 ab alle
Ausschluß	\von-bis;	5-10;\6-7;	5,8,9,10
Mehrfach	von1-bis1;von2-bis2;..	3-5;10-12;	3,4,5,10,11,12

Tabelle 1.3: Festlegen der Filterliste

Bemerkung: Die einzelnen in Tabelle 1.3 beschriebenen Bereichstypen können beliebig überlagert werden. Auswahllisten dürfen keine Leerzeichen enthalten. Einzelne Bereichstypen werden durch ein Semikolon abgeschlossen.

1.6 Koordinatensysteme

Verschiedene Kommandos sind in der Lage sich auf lokale Koordinatensysteme zu beziehen. Ist dies der Fall, so ist eine Koordinatensystemnummer vorzugeben. Die Nummer 0 bezeichnet jeweils das globale Koordinatensystem. Lokale Koordinatensysteme werde im *BUBBAUTL*-Skript festgelegt (siehe Kommando *setksys*). Die Koordinatensystemnummer der lokalen Koordinatensysteme ist von 1 aufsteigend vorzugeben.

Wird in der Beschreibung der Kommandos nicht ausdrücklich darauf hingewiesen, dass für unterschiedliche Geometrieeingaben unterschiedliche Koordinatensysteme vorgegeben werden können, beziehen sich alle Geometrieeingaben auf das globale oder das vorgegebene lokale Koordinatensystem.

1.7 Quadergebiete

Generell wird in *BUBBAUTL* ein Quadergebiet durch die folgenden Angaben festgelegt.

- Vorgabe der Koordinaten eines Punktes (i.A. Punkt im Gebiet) durch x, y und z.
- Jeweils zwei Werte für die Ausdehnung des Gebiets in x, y und z Richtung. Der erste der beiden Werte wird in positive Richtung aufaddiert, der zweite Wert in negative Richtung subtrahiert.

Das Quadergebiet ist immer ausgerichtet an den Achsen des aktuellen Koordinatensystems (*nKs*=0: globales Koordinatensystem, *nKs*>0 im Skript festgelegtes lokales Koordinatensystem, mit *nKs* der Nummer des Koordinatensystems).

Ein Beispiel:

Punktkoordinaten	(10,20,30)		Das Gebiet
Ausdehnung in X	(5,2)	⇒	X : (8,15)
Ausdehnung in Y	(1,2)	⇒	Y : (21,18)
Ausdehnung in Z	(3,4)	⇒	Z : (33,26)

Quadergebiete können zur Filterung einer Liste herangezogen werden. Dazu können Quadergebiete mit dem Kommando *SetQuader* (siehe Abschnitt 2.6.6) vereinbart und unter einer Quadergebietsnummer in einer Liste abgelegt werden. Ein oder alle Quadergebiete können aus der Liste der Quadergebiete mit dem Befehl *ResetQuader* (siehe Abschnitt 2.6.7 entfernt werden.

1.8 Kenner

In einem Kennerparameter werden i.A. mehrere Ja/Nein-Informationen zusammengestellt, da in einer natürlichen Zahl mehr als eine Ja/Nein-Kennung gespeichert werden kann. Die Ja/Nein-Kennungen werden in diesen Parametern als Ziffern einer Binärzahl kodiert. Da bei 32-Bit-Systemen eine natürliche Zahl aus 32-Bits können in einem dieser Parameter maximal 32 Ja/Nein-Informationen gespeichert werden.

1.9 Interpolationsfunktionen

Mit Interpolationsfunktionen können Lastfunktionen linear veränderlich über drei Stützstellen gewichtet werden (siehe 2.6.2).

1.10 Praeprozessor

Mit Hilfe des Praeprozessors, der nach Vorlage der Programmiersprache C implementiert wurde, können Makros, d.h. beliebige Texte festgelegt werden, die an entsprechenden Stellen innerhalb der Steuerdatei einkopiert werden. Damit lassen sich einfache Vorlage-Dateien für Systemgruppen generieren. Zudem können Befehle in der Steuerdatei in Abhängigkeit von der Definition eines Makros berücksichtig werden oder nicht.

Es wurden die folgenden Praeprozessor-Befehle implementiert.

1.10.1 #define

Mit dem Befehl *#define* wird einer Makro-Bezeichnung ein Makro-Text zugeordnet. Die Makro-Bezeichung wird in der einzulesenden Steuerdatei durch den Makro-Text ersetzt. Die Ersetzung erfolgt in sequenzieller, die Reihenfolge der Makrodefinitionen berücksichtigender Weise. Ein Makro kann zudem eingesetzt werden, um alternative Passagen in der Neutraldatei zu aktivieren oder zu deaktivieren. In diesem Fall ist kein Makro-Text erforderlich.

Parameter	Typ	Beschreibung
Name	S	Die Bezeichnung des Makros.
Text	S	Ein beliebiger in der Zieldatei einzukopierender Text (optional).

Tabelle 1.4: Definition eines Makros

1.10.2 #undef

Mit dem Befehl *#undef* wird eine bereits erfolgte Makrodefinition zurückgenommen.

Parameter	Typ	Beschreibung
Name	S	Die Bezeichnung des Makros.

Tabelle 1.5: Rücknahme einer Makrodefinition

1.10.3 #include

Mit dem Befehl *#include* wird eine untergeordnete Neutraldatei in die *Haupt*-Neutraldatei eingeladen. Für mit *#include* eingeladene Dateien stehen uneingeschränkt alle Praeprozesor-Kommandos zur Verfügung, d.h. insbesondere, dass Dateien bis zu einer beliebigen Verschachtelungstiefe eingeladen werden können.

Mit der Definition von Makros und dem Befehl *#include* lassen sich auf elementare Weise Vorlagen schreiben. Die Vorlagendatei, die mit *#include* eingelesen wird, wird durch die Makrotexte, die die Parameterwerte enthalten, ergänzt.

Wird das Kommando *#setpath* nicht gesetzt, so wird beim *#include* einer Datei der aktuell eingestellte Pfad angesetzt. Dies führt i.A. dazu, dass die gewünschte *#inlcude*-Datei nicht gefunden wird. Mit dem Kommando *#setpath* wird automatisch der Pfad der Eingabedatei den *#include*-Dateien vorgestellt.

Sollte ein vollständiger Pfad im *#include* angegeben werden, so ist gegebenenfalls zuvor das Kommando *#delpath* aufzurufen, um die eventuell bereits ermittelte Pfadinformation zurück zu setzt.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Name der einzuladenden Datei.

Tabelle 1.6: Einladen einer Datei

1.10.4 #ifdef, #else, #endif

Eine optionale Berücksichtigung eines Teils einer Steuerdatei erfolgt in Abhängigkeit von der Existenz eines Makros.

Fall 1

Mit *#ifdef [Makroname]* wird die optionale Übernahme eingeleitet, falls der angegebene Makro existiert. Der Übernahmebereich - der Bereich kann sich über eine beliebige Länge erstrecken - wird entweder durch *#endif* oder durch *#else* abgeschlossen. Im zweiten Fall folgt ein Bereich in der Neutraldatei, der abgeschlossen durch *#endif* nicht berücksichtigt wird.

Es ist generell darauf zu achten, dass jeder *#ifdef*-Befehl mit *#endif* abgeschlossen wird.

```
#ifdef Makro1

<Diese Zeilen werden berücksichtig, falls Makro1 existiert!>
```

```
#endif

#ifdef Makro2

<Diese Zeilen werden berücksichtig, falls Makro2 existiert!>

#else

<Diese Zeilen werden nicht berücksichtig, falls Makro2 existiert!>

#endif
```

Fall 2

Mit *#ifndef [Makroname]* wird die optionale Ausblendung eines Dateiteils eingeleitet, falls der angegebene Makro nicht existiert. Der Ausblendungsbereich - der Bereich kann sich über eine beliebige Länge erstrecken - wird entweder durch *#endif* oder durch *#else* abgeschlossen. Im zweiten Fall folgt ein Bereich in der Neutraldatei, der abgeschlossen durch *#endif* berücksichtigt wird.

Es ist generell darauf zu achten, dass jeder *#ifndef*-Befehl mit *#endif* abgeschlossen wird.

```
#ifndef Makro1

<Diese Zeilen werden nicht berücksichtig, falls Makro1 existiert!>

#endif

#ifdef Makro2

<Diese Zeilen werden nicht berücksichtig, falls Makro2 existiert!>

#else

<Diese Zeilen werden berücksichtig, falls Makro2 existiert!>

#endif
```

1.10.5 #listmak

Mit dem Befehl *#listmak* werden die Makrotexte aller gespeicherten Makros in der Log-Datei ausgegeben[1].

1.10.6 #listvar

Mit dem Befehl *#listvar* werden die Variablenwerte aller gespeicherten Variablen in der Log-Datei ausgegeben (siehe Fußnote 1).

1.10.7 #autoset

Mit dem Befehl *#autoset* wird für jede der gespeicherten Varialblen ein Makro definiert. Die Bezeichnung des Makros ergibt sich aus der Klammerung des Variablennamens mit dem Zeichen _.

Der Befehl *#autoset* wird implizit nach allen Arithmetikblöcken aufgerufen.

In nach folgendem Beispiel werden zunächst alle Variablenwerte in die Log-Datei geschrieben, anschließend werden aus allen Variablenwerten Makros generiert. Diese werden zuletzt ebenfalls in die Log-Datei geschrieben.

```
#listvar
#autoset
#listmak
```

1.10.8 #set

Mit dem Befehl *#set* wird individuell für eine Variable ein Makro festgelegt. Der Makroname ist bei diesem Verfahren frei vorgebbar.

Parameter	Typ	Beschreibung
NameM	S	Bezeichnung des festzulegenden Makros.
NameV	S	Bezeichnung der Variable, deren Wert als Makrotext angesetzt werden soll.
Fmt	S	C-Format (printf) zur Formatierung des Variablenwertes (optional).

Tabelle 1.7: Definition eines Makros aus Variablenwert

[1] Die Log-Datei wird im Verzeichnis der Steuerdatei mit der Endung *log* angelegt.

1.11 Arithmetikprozessor

Mit Hilfe des Arthmetikprozessors können über Variablen funktionale Zusammenhänge beschrieben werden. Der Prozessor wird mit den Befehlen #>> gestartet beziehungsweise mit #<< abgeschlossen.

Der Arithmetikprozessor arbeitet mit Variablen, die implizit durch Wertzuweisung angelegt werden. Ein Variablenname besteht aus Buchstaben, Ziffern und dem '_'-Zeichen. Das erste Zeichen des Variablennamens darf keine Ziffern sein. Die Variablen enthalten stets Fließkommazahlen.

1.11.1 *Zeilenendkommentare*

Texte in Zeilen des Arithmetikteils die nach dem Escape-Zeichen `//` stehen werden vom Prozessor ignoriert (siehe Beispiel unten).

```
#>>
zp2 =  (h-t)/2 // z-Koordinaten des Obergurts
zm2 = -(h-t)/2 // z-Koordinaten des Untergurts
lp2 =  lp/2
#<<
```

1.11.2 *Funktionen*

Es werden zudem die folgenden mathematischen Funktionen unterstützt.

Funktion	Aufruf	Beschreibung
abs	$abs(expr)$	Absolutbetrag des Ausdrucks *expr* in *rad*
$Acos$	$Acos(expr)$	Arcus Sosinus des Ausdrucks *expr*
$Asin$	$Asin(expr)$	Arcus Sinus des Ausdrucks *expr*
$Atan$	$Atan(expr)$	Arcus Tangens des Ausdrucks *expr*
cos	$cos(expr)$	Cosinus des Ausdrucks *expr* in *rad*
$cosh$	$cosh(expr)$	hyperbolischer Cosinus des Ausdrucks *expr* in *rad*
deg	$deg(expr)$	Umwandlung von *rad* in *Grad*
exp	$exp(expr)$	Exponentialfunktion des Ausdrucks *expr*
ln	$ln(expr)$	Natürlicher Logarithmus des Ausdrucks *expr*
log	$log(expr)$	10er Logarithmus des Ausdrucks *expr*
rad	$rad(expr)$	Umwandlung von *Grad* in *rad*
sin	$sin(expr)$	Sinus des Ausdrucks *expr* in *rad*
$sinh$	$sinh(expr)$	hyperbolischer Sinus des Ausdrucks *expr* in *rad*
$sqrt$	$sqrt(expr)$	Quadratwurzel des Ausdrucks *expr*
tan	$tan(expr)$	Tangens des Ausdrucks *expr* in *rad*
$tanh$	$tanh(expr)$	hyperbolischer Tangens des Ausdrucks *expr* in *rad*

Tabelle 1.8: Liste der unterstützten Funktionen

1.11.3 *Beispiel* Σ*-Pfette*

In nachfolgendem Beispiel (aus dem Handbuch *ProfEdit*) werden 3 verschiedene Σ-Pfetten generiert, die sich nur durch ihre Blechdicken unterscheiden.

In der Hauptdatei werden die Kennwerte der Profile festgelegt, die Dicke und die Profilbezeichnung. In der Vorlagendatei für diese Querschnittsform werden aus den Festmaßen und der variablen Dicke die Geometrieparameter des Querschnitts berechnet, diese in Makros umgesetzt und schließlich mit den oben angesprochenen Befehlen *linie* und *bogen* umgesetzt.

Hauptdatei

```
#setpath
#>>
t   = 1.5
#<<
#define _name_ S-140-1.50
#include sigma.pev

#>>
t = 1.75
#<<
#define _name_ S-140-1.75
#include sigma.pev

#>>
t = 2.00
#<<
#define _name_ S-140-2.00
#include sigma.pev
```

Vorlagendatei für Σ-Pfette, *sigma.pev*

```
#>>
r   = 3
phi = 80
h   = 140
b   = 60
c   = 15
hc  = 40
he  = 34
k   = 26.5
```

```
cc  = c -r
bb  = b -2*r -t
hh  = he -2*r
kk  = k*cos(rad(90-phi))
lng = h/20
#<<

#listvar
#autoset
#listmak

#set _hf_  h %.0f
#set _tf_  t %.2f

begin_prof
prname S-_hf_-_tf_
dicke _t_
maxlng _lng_

geo 1
start 0. 0. 90.
linie _cc_
bogen _r_ 90.
linie _bb_
bogen _r_ 90.
linie _hh_
bogen _r_ +_phi_
linie _kk_
bogen _r_ -_phi_
linie _hc_
bogen _r_ -_phi_
linie _kk_
bogen _r_ +_phi_
linie _hh_
bogen _r_ 90.
linie _bb_
bogen _r_ 90.
linie _cc_
geo 0

end_prof
```

Eine Darstellung des Querschnitts zeigt die Abbildung 1.1.

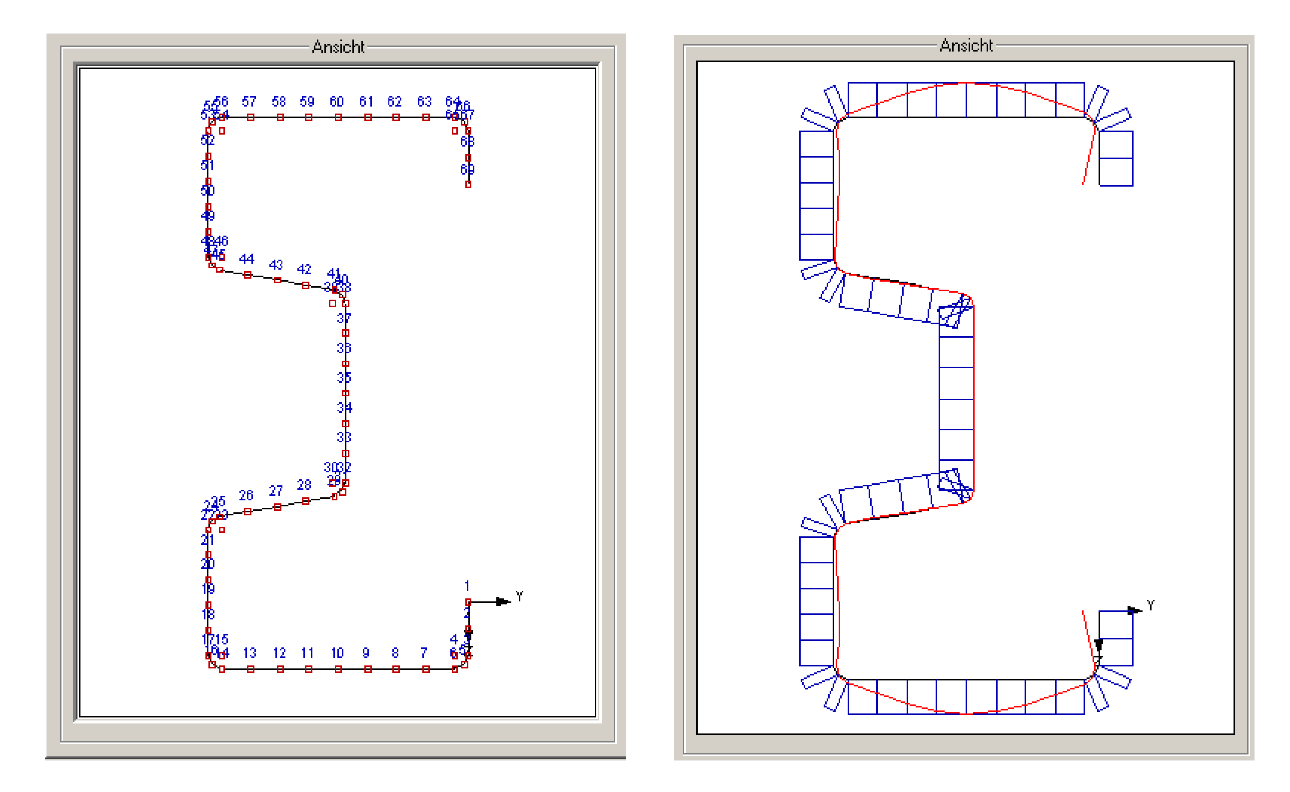


Abbildung 1.1: Geometrie, Spannungen und Eigenform der Σ-Pfette

1.12 *LUA*-Prozessor

Mit dem *LUA*-Prozessor wird in *BUBBAUTL* die Möglichkeit geschaffen, Eingabedateien im Rahmen der *LUA*-Interpreter-Sprache zu modellieren [LUA].

Der *LUA*-Prozessor wird in der Umgebung `lua>...<aul` aufgerufen. Jede Umgebung ist als getrennter *LUA*-Skript zu verstehen. Es wird der volle Sprachumfang der *LUA*-Version 5.0 unterstützt.

Zur Anbindgung an *BUBBAUTL* wurden zwei Funktionen implementiert.

- `trace("String")`
  Mit der Funktion `trace` kann ein beliebiger *LUA*-konformer Text in die *BUBBAUTL*-Log-Datei geschrieben werden.

- `btlcmd("Kommando",Parameter 1, Parameter 2, etc.)`
  Mit der Funktion `btlcmd` wird ein beliebiges einzeiliges *BUBBAUTL*-Kommando aufgerufen. Der erste Parameter enthält die Bezeichnung des Kommandos, gefolgt von den Parametern des Kommandos. Der erste Rückgabewert ist ein Return-Code (0:Kommando wurde nicht ausgeführt, 1:Kommanod wurde ausgeführt.). Der zweite Rückgabewert enthält den an den *BUBBAUTL*-Prozessor gesandten Kommandotext.

In nachfolgendem Beispiel werden mit dem Kommando *GenBal3d* 10 Balkenzüge generiert. Das Resultat wird in Abbildung **??** dargestellt.

```
# Steuerdatei für LUA-Test
#

lua>
l  = 100    -- Stablänge
dl = l/4    -- Stabinkrement
xa = 10     -- Startpunkt
ya = 0
za = 0

xb = xa +l  -- Endpunkt
yb = 0
zb = 0

xc = xa     -- Richtungspunkt
yc = l/10
zc = 0
```

```
dy = 1/2     -- Verschiebungsinkrement
ny = 10      -- Anzahl der Stäbe in y-Richtung

-- Schleife über 10 Stäbe
for i = 0,ny-1 do
r,s = btlcmd("GenBal3d",0,0,xa,ya+dy*i,za,xb,yb+dy*i,zb,xc,yc+dy*i,zc,1,1+i,1,dl)
print(string.format("Code: %s, lua> %s",r,s))  -- Kontrollausgabe auf Bildschirm

-- Freiheitsgrade aller Knoten
r,s = btlcmd("FrgQuad",xa,ya+dy*i,za,l,0,0.1,0.1,0.1,0.1,1,0,1,0,1,0)

-- Freiheitsgrade am Stabanfang
r,s = btlcmd("FrgPkt",xa,ya+dy*i,za,0.1,0,0,0,0,1,0)

-- Freiheitsgrade am Stabende
r,s = btlcmd("FrgPkt",xb,yb+dy*i,zb,0.1,0,0,0,0,1,0)

end
<aul

# Schreiben der B&B-Datei
write lua-test.ein
```

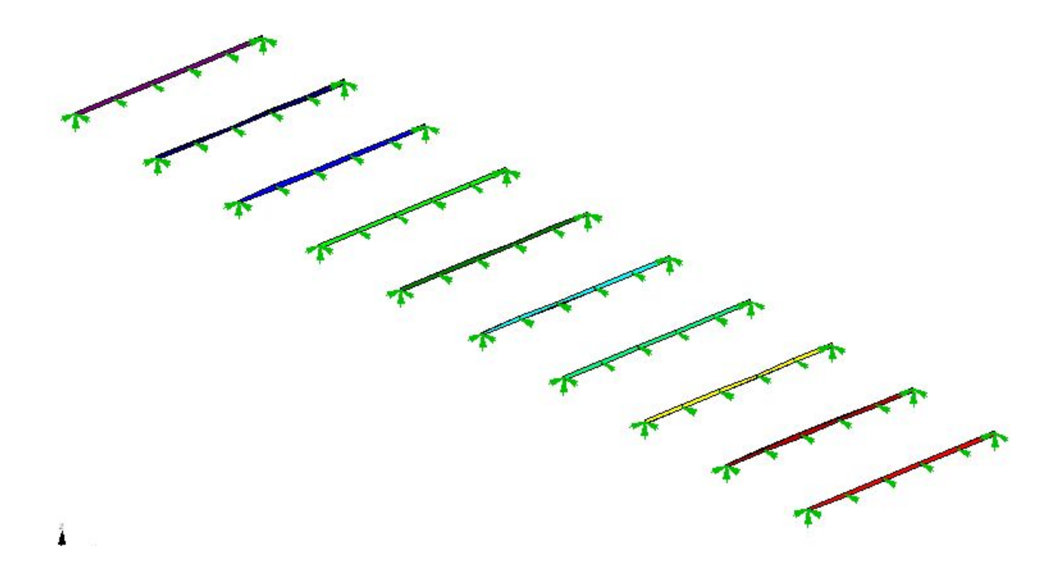


Abbildung 1.2: Ergebnis des LUA-Skripts

1.13 *B&B*-Interface

Mit dem Kommando `#>BUBLOAD [Dateiname]` kann optional festgelegt werden, welche Datei nach Abarbeitung des Skripts in den *B&B* Editor geladen werden soll.

Wird keine Datei explizit vorgegeben, so wird der Dateiname aus dem letzten Kommando *Write* entnommen, das in der Skriptdatei gefunden wird.

2 Kommandos

2.1 Übersicht

Die Tabellen 2.1 – 2.14 zeigen eine Übersicht der verschiedenen Kommandogruppen.

Dateikommandos

Kommando	Beschreibung
Include	Einbinden von *B&B*-Zusatzdateien
Format	Festlegen des *B&B*-Formats
Trace	Festlegen des Protokollumfangs
FatalEle	Ausblenden fehlerhafter Elemente
Add	Laden und Hinzufügen einer *B&B*-Datei (eines Bauteils), mehrfaches Hinzufügen und Verschieben.
Write	Schreiben der FE-Eingabedaten in eine *B&B*-Datei.
WriteAns	Schreiben der FE-Eingabedaten in eine *ANSYS*-Datei.
WriteFemap	Schreiben einer *FEMAP*-Neutraldatei.
Reset	Zurücksetzen der Bauteildatenbank
WAntLast	Ausgabe der Knotenlasten im *ANTRAS*-Format

Tabelle 2.1: Dateikommandos

Auswahlkommandos

Kommando	Beschreibung
SetEleSel	Festlegen eines Elementauswahlsatzes

Tabelle 2.2: Auswahlkommandos

Zusatz- und Hilfsdaten

Kommando	Beschreibung
SetKSys	Festlegen lokaler Koordinatensysteme
SetIntFkt	Festlegen der Interpolationsfunktionen
InterPQ	Festlegen der kubischen Interpolatoren.
KopInterPQ	Koppeln von kubischen Interpolatoren.

Tabelle 2.3: Kommandos für Zusatz- und Hilfsdaten

EXEC-Kommandos

Kommando	Beschreibung
Run_BubView	Starten des Programms *BUBVIEW*.
Run_BubRec	Starten des Programms *BUBREC*.
Run_BubPrt	Starten des Programms *BUBPRT*.
Run_BubBBE	Starten des Programms *BUBPRT* zur *BBE*-Dateigenerierung.
Run	Starten eines beliebigen Programms.

Tabelle 2.4: EXECUTE-Kommandos

Bauteilbearbeitung

Kommando	Beschreibung
Move	Verschieben eines Bauteils.
Rotate	Drehen eines Bauteils.
RotCopy	Kopieren und Drehen eines Bauteils.
Reflect	Kopieren und Spiegeln eines Bauteils.
SweepLn	Extruieren eines 2d-Profils.
MoveGrp	Verschieben einer Elementgruppe.
CopyGrp	Kopieren einer Elementgruppe.

Tabelle 2.5: Kommandos für Bauteilbearbeitung

Knotenkommandos

Kommando	Beschreibung
KMove	Verschieben eines Knotens ([1]).
FeinLin	Netzverfeinerung entlang einer Linie ([1]).
ChkKnoQuad	Knoten in einem *QG* ausgeben ([1]).
([1])	Implementiert, Kommandodetails noch nicht beschrieben.

Tabelle 2.6: Kommandos zur Generierung bzw. Bearbeitung von Knoten

Elementgenerierungen

Kommando	Beschreibung
Stb2Fed1	Stäbelemente in Federn umsetzen.
FedNorm	Normieren der Federgewichte.
FedQuad	Federn im Quadergebiet.
FedQuad2	Federn im Quadergebiet mit lokalen Koordinatensystemen.
FedZyl	Senkfedern im Zylindermandel mit lokalem Koordinatensystem.
FedPkt	Federn in vorgegebenen Punkten.
FedLin	Federn auf vorgegebenen Linien.
FedCir	Federn im Kreisgebiet.
KopEQuad	Koppeln von Strukturteilen mit Senkfedern.

Tabelle 2.7: Kommandos zur Generierung von Federelementen

Elementbearbeitung

Kommando	Beschreibung
Compress	Neunummerierung von Knoten und Elementen.
Connect	Verknüpfen aller Knoten.
ConnectG	Verknüpfen aller Knoten an Gruppengrenzen.
EpsCon	Setzen der Parameter für Sortierung und Fang.
Cut	Zerschneidet das System in beliebiger Ebene.
CutGrp	Zerschneidet das System an Gruppengrenzen.
SetEleTyp	Zuweisen von Elementtypen.
Fla3Dir	Normalenrichtung von Flächenelementen ausrichten.
SwF3Dir	Wechseln der Normalenrichtung von Flächenelementen.
Stb2Bal1	Umsetzen von Stabelementen in Balkenelemente.
ConLin	Verknüpfen von Knoten entlang einer Linie.

Tabelle 2.8: Kommondos der Elementbearbeitung

Gruppenbearbeitung

Kommando	Beschreibung
SetMatGQ	Umsetzen der Materialgruppen in Querschnittsgruppen.
SetQueGM	Umsetzen der Querschnittsgruppen in Materialgruppen.
GrpQuad	Zuweisung von Gruppen im Quadergebiet.
SetMgp	Aus- bzw. Ausblenden von Materialgruppen.
SetQgp	Aus- bzw. Ausblenden von Querschnittsgruppen.
SetMatGZ	Setzen der Materialgruppe in Abhängigkeit von der Höhe.
SetMatGZi	Setzen der Materialgruppe in Abhängigkeit der lokalen Z-Koordinaten (interpoliert).
SetBetQgp	Zuweisung von Bettungsfunktionen.
SetQueCir	Zuweisung von Querschnittsgruppen im Kreisgebiet.

Tabelle 2.9: Kommondos der Gruppenbearbeitung

Freiheitsgrade

Kommando	Beschreibung
FrgPkt	Setzen der Freiheitsgrade in einem Punkt.
FrgLin	Setzen der Freiheitsgrade auf einer Linie.
FrgQuad	Setzen der Freiheitsgrade in einem Quadergebiet.
FrgQuadZ	Setzen der Z-Freiheitsgrade in einem Quadergebiet.
SetSymLag	Generierung einer symmetrischen Lagerung.
FrgBal	Setzen der Freiheitsgrade im lokalen System eines Balkens.
FrgKQuad	Koppeln von Freiheitsgrade im Quadergebiet.

Tabelle 2.10: Kommondos der Gruppenbearbeitung

Lasten

Kommando	Beschreibung
KLasPkt	Knotenlasten auf Punkten.
KLasQuad	Knotenlasten in einem Quadergebiet.
KLasCir	Knotenlasten kreisförmig einleiten.
SKraft	Generierung von Schnittkräften als Knotenlasten auf einem Kreisring ([1]).
KraQuad	Linienlast als Knotenlasten auf den Knoten von Linienelementen innerhalb eines Quadergebietes ([1]).
FLasQuad	Flächenlasten in einem Quadergebiet.
FLasCir	Flächenlasten im Kreisgebiet einleiten ([1]).
FLasGrp	Flächenlasten über Querschnittsgruppenfiler generieren ([1]).
BLasQuad	Balkenlasten in einem Quadergebiet.
HDruckQF	Flächenlasten aus Hydrostischem Druck.
LkwDruck	Flächenlasten (Erddruck) aus SLW-Lasten ([1]).
VLasQuad	Volumenlasten in einem Quadergebiet.
MLasGrp	Vorgegebenes Moment in Flächenlasten umsetzen.
MLasQuad	Vorgegebenes Moment in einem Quadergebiet in Flächenlasten umsetzen.
ETelLin	Elementtemperaturlasten.
EleInterX	Generieren der Elementtemperturen auf Basis der kubischen Interpolatoren.
([1])	Implementiert, Kommandodetails noch nicht beschrieben.

Tabelle 2.11: Kommondos zur Generierung von Lasten

Zusatzkommandos

Kommando	Beschreibung
Kopf	Ausgabe einer Bauteilliste ([1]).
GoTo	Vorwärtssprünge in der Steuerdatei ([1]).
([1])	Implementiert, Kommandodetails noch nicht beschrieben.

Tabelle 2.12: Zusatzkommandos

Erzeugen einer Temperaturverteilung

Kommando	Beschreibung
TempLin	Einlesen einer Temperaturfunktion ([1]).
TempLr	Temperaturverteilung radial mit Formfunktionen ([1]).
Make_Temp	Erstellen eines Temperaturprofils ([1]).
Make_TempInt	Temperaturprofile interpolieren ([1]).
([1])	Implementiert, Kommandodetails noch nicht beschrieben.

Tabelle 2.13: Kommondos zur Generierung einer Temperaturverteilung

Auswertekommandos

Kommando	Beschreibung
List_Set_Filter	Setzen der Auswertefilters.
List_Set_File	Setzen der Dateien.
List_Erg_Werte	*B&B*-Extremwertanalyse.
List_Erg_DP	*DPROFIL*-Auswertungen.
DeltaSigVol	Berechnung der maximalen Vergleichsspannungsdifferenzen für Volumenelemente.
SetSigVol	Berechnung der Vergleichsspannungen eines isoparametrischen Volumenelements aus Knotenspannungen (zur Berarbeitung der Spannungen aus *ANSYS*-Berechnungen).
GetFlaSigKi	Berechnung der σ_{ki}-Werte für vorgegebene Beulmoden bei Flächenelementen.
([1])	Implementiert, Kommandodetails noch nicht beschrieben.

Tabelle 2.14: Kommondos zur Ergebnisauswertung

Kommandos zur *BBE*-Datei-Bearbeitung

Kommando	Beschreibung
FederToAuf	Umsetzen der Federschnittkräfte in Auflagerkräfte.

Tabelle 2.15: *BBE*-Bearbeitungsfunktionen

ANTRAS-TEMP-Eingabe-Funktionen

Kommando	Beschreibung
SetWKapG	Festlegen der Wärmekapazitätsgruppen.
SetWLeitG	Festlegen der Wärmeleitfähigkeitsgruppen.
SetKnoTemp	Festlegen vorgegebener Knotentemperaturen.
SetKnoTempI	Festlegen vorgegebener Knotentemperaturen mittels Interpolator.
SetOKoVek	Festlegen vorgegebener Oberflächenkonvektion.
SetOStra	Festlegen vorgegebener Oberflächenstrahlung.
SetTempErg	Festlegen der Parameter der *TEMP*-Berechnung.
WriteTemp	Schreiben einer *ANTRAS-TEMP*-Eingabedatei.

Tabelle 2.16: *ANTRAS-TEMP*-Eingabe

ANTRAS-TEMP-BBE-Export-Funktionen

Kommando	Beschreibung
Antras2BBE_Init	Initialisierung der *BBE*-Datei.
KnoTempLoad	Laden der Knotentemperaturwerte.
KnoWStromLoad	Laden der Knotenpunktwärmeströme.
KnoRStromLoad	Laden der Reaktionswärmeströme.
Antras2BBE_Enit	Schließen der *BBE*-Datei.

Tabelle 2.17: *ANTRAS-TEMP-BBE*-Export

Elementtemperatur-Darstellung

Kommando	Beschreibung
EleTemp2BBE_Init	Initialisierung der *BBE*-Datei.
EleTemp2bbe	Ausgabe der Elementtemperaturen.
EleTemp2BBE_Exit	Schließen der *BBE*-Datei.

Tabelle 2.18: Elementtemperatur-Darstellung

***ANSYS*-Ergebnisimportfunktionen**

Kommando	Beschreibung
Ans2BBE_Init	Initialisieren der BBE-Datei für *ANSYS*-Ergebnisse.
Ans2BBE_Load	Einladen eines Lastfalls aus *ANSYS*-Ergebnisdatei.
Ans2BBE_LoadSig	Laden der Normalspannungen aus einer*ANSYS*-Ergebnisdatei.
Ans2BBE_LoadTau	Laden der Schubspannungen aus einer*ANSYS*-Ergebnisdatei.
Ans2BBE_Exit	Schließen der BBE-Ergebnisdatei.

Tabelle 2.19: *ANSYS*-Ergebnisimport

2.2 Datentypen

In den Bescchreibungen der Kommandos werden die Datentypen der Kommandoparameter angegeben. Nachfolgend werden in einer Auflistung diese Datentypen erläutert.

Kenner	Datentyp	Beschreibung
I	Integer	Ganze Zahlen (z.B.: *0,1,-4*).
R	Real	Fließkommazahlen (z.B.: *1.2, 4.7, -3.1*).
S	String	Zeichenketten bzw. Texte ohne Leerzeichen (z.B. *Ein-Text*).
V	Ortsvektor	Vektor in 3 Dimensionen $\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix}$ (z.B. *1.0 2.0 3.0*).
F	Freiheitsgrade	Vektor der Freieheitsgrade in 6 Dimensionen $\begin{pmatrix} T_x \\ T_y \\ T_z \\ R_x \\ R_y \\ R_z \end{pmatrix}$ (z.B. *1 1 1 0 0 0*).
Q	Quadergebiet	Vektor einer Gebeitsdefinition $\begin{pmatrix} \vec{P}_0 \\ \vec{X}_{Del} \\ \vec{Y}_{Del} \\ \vec{Z}_{Del} \end{pmatrix}$
	mit: $\vec{P}_0$	einem Punkt im Gebiet (z.B. *1.0 0.5 2.0*).
	mit: $\vec{X}_{Del}$	dem X-Abstand in +Richtung, X-Abstande in -Richtung. (z.B. *10.0 20.0* $\Rightarrow$ von -19.0 bis 11.0).
	mit: $\vec{Y}_{Del}$	dem Y-Abstand in +Richtung, Y-Abstande in -Richtung. (z.B. *1.5 0.5* $\Rightarrow$ von 0.0 bis 2.0).
	mit: $\vec{Z}_{Del}$	dem Z-Abstand in +Richtung, Z-Abstande in -Richtung. (z.B. *0.5 0.2* $\Rightarrow$ von 1.8 bis 2.5).

Tabelle 2.20: Kommondos der Bauteilmanipulationen

2.3 Kommandos zur direkten Datenzuweisung

2.3.1 *SetPrjTxt*

Mit dem Kommando *SetPrjTxt* werden die Projektdokumentationstexte der Datenarten 10-12 gesetzt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Typ}	I	Formatkenner:
		0: NDA-10: Haupttext.
		1: NDA-11: Nebentext.
		2: NDA-12: Projektkennung.
T	S	Zuzuweisender Text

Tabelle 2.21: Projekttexte NDA10-12

Beispiel:

```
-- Vorsätze festlegen
r,s = btlcmd("SetPrjTxt",0,"Berechnung einer Seilrolle")
r,s = btlcmd("SetPrjTxt",1,"C&A-Rolle: RXX")
r,s = btlcmd("SetPrjTxt",2,"291106")
```

2.3.2 *SetNDA*

Mit dem Kommando *SetNDA* werden die Parameter der direkt zu schreibenden Datenarten festgelegt. Zur Zeit werden die Datenarten der Include-Dateien 0 und 1 (Steuerdaten und Gruppendaten) unterstützt.

Parameter	Typ	Beschreibung
NDA	I	Datenart
P_i		Parameter der Datenart in [BHB] beschriebenen Reihenfolge.

Tabelle 2.22: Daten einer Datenart

2.4 Datei-Kommandos

Mit dem Kommando *Include* können vier Dateibereiche (d.h. Datenartenbereiche) optional in der *B&B*-Zieldatei übernommen werden. Werden für diese Bereiche keine Include-Dateien vereinbart, so werden diese Daten aus den Bauteildateien übernommen.

In nachfolgedern Aufstellung werden die Dateibereiche 0-3 den entsprechenden Datenarten gegenüber gestellt.

0 ⇒ Datenarten 01-22: Projektbezeichnung, Steuerdaten.

1 ⇒ Datenarten 25-35: Gruppendaten.

2 ⇒ Datenarten 41-48: Belastungsdaten.

3 ⇒ Datenarten 49-??: Kombinatioinsdaten und Optimierungsdaten.

Bei *ANSYS*-Exporten werden die Include-Dateien wie folgt verwendet:

0 ⇒ Dateikopf.

1 ⇒ Datenarten 25-35: Gruppendaten (wie *B&B*).

2 ⇒ Datenarten 41-48: Belastungsdaten (wie *B&B*).

3 ⇒ Datenarten 49-??: Kombinatioinsdaten und Optimierungsdaten (wie *B&B*).

4 ⇒ Dateifuß: Solving und Postprocessing.

Bei *ANTRAS-TEMP*-Exporten werden die Include-Dateien wie folgt verwendet:

In nachfolgedern Aufstellung werden die Dateibereiche 0-3 den entsprechenden *B&B*-Datenarten gegenüber gestellt.

0 ⇒ Datenarten 01-22: Projektbezeichnung, Steuerdaten.

1 ⇒ Datenarten 25-35: Gruppendaten.

2 ⇒ Datenarten 41-48: Belastungsdaten.

3 ⇒ Datenarten 49-??: Kombinatioinsdaten und Optimierungsdaten.

In nachfolgedern Aufstellung werden die Dateibereiche 10-12 den entsprechenden *ANTRAS-TEMP*-Datenarten gegenüber gestellt (siehe auch Handbuch *ANTRAS-TEMP-CHECK* [ATC] und Handbuch *ANTRAS-TEMP-MAIN* [ATM]).

10 ⇒ Datenarten 01-15: Projektbezeichnung, Steuerdaten.

11 ⇒ Datenarten 29-35: Gruppendaten.

12 ⇒ Datenarten 01-03: Vorsätze der Berechnung.

Das Format des Kommandos ist der nachfolgenden Tabelle zu entnehmen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Ber}	I	Dateibereich (siehe oben).
$File$	S	Name der Include-Datei.

Tabelle 2.23: Hinzufügen von Dateibereichen

2.4.1 *Format*

Mit dem Kommando *Format* wird das Format der zu schreibenden *B&B*-Datei festgelegt. Standardmäßig, d.h. falls kein explizites Festlegen des Formats erfolgt, wird die *B&B*-Eingabedatei im alten, formatierten Format geschrieben.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Format}	I	Formatkenner: 0: formatierte *B&B*-Ausgabe. 1: unformatierte *B&B*-Ausgabe.

Tabelle 2.24: *B&B*-Dateiformat festlegen

2.4.2 *IncProjdat*

Mit dem Kommando *IncProjdat* wird veranläßt beim Schreiben der *B&B*-Datei die Projektdaten aus der *Include*-Datei zu laden. Wird dies vereinbart, so werden alle Eingabedaten NDA 1 bis NDA 17 nicht aus der Datenhaltung übernommen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Inc}	I	Include-Kenner: 0: Projektdaten werden nicht aus *Include* übernommen. 1: Projektdaten werden aus *Include* übernommen.

Tabelle 2.25: Projektdaten-*Include*

2.4.3 *Trace*

Mit dem Kommando *Trace* wird der Umfang des Protokolls festgelegt, das beim Generieren der *B&B*-Eingabedatei erstellt werden soll.

Parameter	Typ	Beschreibung
K_{Prot}	I	Protokollkenner: $(-1 \leq K_{Prot} \leq 4)$
		-1: Wiederherstellung des letzten Zustandes.
		0: Keine Protokollausgabe.
		1: Minimale Protokollausgabe.
		2: Standardprotokoll (mit Hinweisen zu Generierungen).
		3: Ausführliches Protokoll.
		4: DEBUG-Protokoll: Vollständige Protokollausgabe.

Tabelle 2.26: Umfang des Protokolls festlegen

2.4.4 *ChDir*

Mit dem Kommando *ChDir* wird das Arbeitsverzeichnis festgelegt. Damit kann auf die Eingabe absoluter Pfade verzichtet werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
S_{Pfad}	S	Einzustellendes Arbeitsverzeichnis.

Tabelle 2.27: Einstellen des Arbeitsverzeichnisses

2.4.5 *FatalEle*

Mit dem Kommando *FatalEle* kann die Ausgabe fehlerhafter Elemente unterdrückt werden. Fehlerhafte Elemente führen i.A. zu Problemen bei der visuellen Kontrolle. Sollten diese Probleme auftreten, so können diese Elemente unterdrückt werden, um die Reststruktur überprüfen zu können.

Parameter	Typ	Beschreibung
K_{Ele}	I	Übernahmekenner:
		0: Keine Ausgabebeschränkung.
		1: Elemente mit mehrfach selben Knoten werden unterdrückt.

Tabelle 2.28: Unterdrücken fehlerhafter Elemente

2.4.6 *Add*

Mit dem Kommando *Add* wird ein neues Bauteil in Form einer *B&B*-Eingabedatei in die Bauteildatenbank geladen. Mit dem Kenner K_1 wird festgelegt, ob beim Kopieren der Bauteile das geladene Bauteil berücksichtig wird ($K_1 = 0$) oder nicht ($K_1 = 1$). Mit dem Kenner K_2 wird festgelegt, ob beim Einladen des Bauteils die Materialgruppennummer mit der Querschnittsgruppennummer vertauscht werden soll ($K_2 = 1$) oder nicht ($K_2 = 0$). Diese Option wurde eingeführt, da im Netzgenerator *DIAMOS* die Bauteile über ihre Materialgruppennummer und nicht wie in *B&B* üblich über ihre Querschnittsgruppennummer verwaltet werden. Ferner kann auch eine Bauteilbezeichnung vergeben werden, um im Protokoll Bauteildaten besser den eingeladenen Bauteilen zuordnen zu können (siehe auch Beispiel 4.1).

Die Parameter *Anz* bis K_3 beschreiben das Mehrfachladen und sind optional vorzugeben. *Anz* gibt die Anzahl der Ladevorgänge an. $\vec{T}$ beschreiben das sequentielle Verschieben der mehrfach geladenen Bauteile. Für $K_3 = 1$ wird der Translationsvektor $\vec{T}$ Schritt um Schritt aufsummiert, damit die Kopien des Bauteils nach dem Laden nicht übereinander zu liegen kommen.

Parameter	Typ	Beschreibung
Datei	S	Name der Bauteildatei (*B&B*-Eingabedatei).
K_1	I	Kopierkenner:
		0: Bauteil wird beim Kopieren nicht berücksichtigt.
		1: Bauteil wird beim Kopieren berücksichtigt.
K_2	I	Tausch der Material- bzw. Querschnittsgruppennummern:
		0: Gruppennummern werden nicht vertauscht.
		1: Gruppennummern werden vertauscht.
$Info$	S	Dokumentationstext für Bauteil.
Anz	I	Anzahl der Ladeschritte.
$\vec{T}$	V	Verschiebungsvektor.
K_3	I	Inkrementierungskenner für Verschiebungsvektor::
		0: Der Verschiebungsvektor wird nicht inkrementiert.
		1: Der Verschiebungsvektor wird sequentiell aufsummiert.

Tabelle 2.29: Einlesen einer Bauteildatei (*B&B*-Datei)

Anmerkungen:

Es gelten die folgenden Einschränkungen hinsichtlich der *B&B*-Eingabeformate:

- Wird nicht explizit ein Ausgabeformat festgelegt, so wird programmintern das freie Format gewählt.
- Beim Einlesen der *B&B*-Eingabedaten werden zur Zeit keine Bildungsgesetzte bei Lastdaten berücksichtigt.
- Die Lastdaten der Formate *41*, *42*, *45* und *48* werden zur Zeit nicht unterstützt.
- Alle Datenarten $>$ 48 werden zur Zeit nicht eingelesen. Es sind entsprechende *Include*-Dateien zu erstellen.

Nicht eingelesene Daten werden, falls keine *Include*-Dateien explizit vorgegeben werden, als *Auto-Include*-Dateien abgelegt und bei Generieren der *B&B*-Eingabedatei berücksichtigt.

2.4.7 *GrpFlag*

Mit dem Kommando *GrpFlag* kann festgelegt werden, ob beim Laden von Bauteildateien mit dem Befehl *Add* (siehe Abschnitt 2.4.6) Gruppennummern inkrementiert werden sollen. In der Standardeinstellung werden die Gruppennummern der Art inkrementiert, dass jedes einzelne Bauteil eigene (nicht überlappende) Gruppennummern erhält. Mit dem Befehl *GrpFlag* kann das Inkrementieren für jede Gruppennummer einzeln ein- bzw. ausgeschaltet werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
G_1	I	Inkrementieren der Materialgruppe (0:nein/1:ja)
G_2	I	Inkrementieren der Querschnittsgruppe (0:nein/1:ja)

Tabelle 2.30: Inkrementierung der Gruppennummern

2.4.8 *Write*

Mit dem Kommando *Write* wird der aktuelle Stand der Bauteildatenbank unter Berücksichtigung eventueller *Includes* in die Datei mit vorgegebenem Namen geschrieben. Die Datei wird standardmäßig formatiert und kann optional unformatiert ausgegeben werden (siehe Abschnitt 2.4.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
Datei	S	Name der zu schreibenden *B&B*-Eingabedatei.

Tabelle 2.31: Ausgabe der Daten in eine *B&B*-Datei

2.4.9 *Reset*

Mit dem Kommando *Reset* wird die Bauteildatenbank zurückgesetzt. Es werden alle Informatioen gelöscht. Damit ist es möglich in einem Programmlauf mehrere Resultatedateien zu erstellen. Der Befehl wird ohne Parameter aufgerufen.

2.4.10 *WAntLast*

Mit dem Kommando *WAntLast* werden Knotenlasten im *ANTRAS*-Format 5.7 geschrieben.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Dateibezeichnung der *ANTRAS*-Datei.
N_{Fmt}	I	Formatkenner (z.Zt. wird nur *ANTRAS* Version 5.7 unterstützt).
N_{App}	I	Appendkenner:
		0: Die Datei wird nicht fortgeschrieben.
		1: Die Datei wird fortgeschrieben.

Tabelle 2.32: Schreiben der Lastdaten im *ANTRAS*-Format

2.4.11 *WriteAns*

Mit dem Kommando *WriteAns* werden die Daten der *BUBBAUTL*-Datenbasis im *ANSYS*-Format geschrieben.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Dateibezeichnung der *ANSYS*-Datei.

Tabelle 2.33: Schreiben einer *ANSYS*-Datei

In nachfolgendem Beispiel wird demonstriert, wie FE-Eingabedaten für *B&B* im *ANSYS*-Format geschrieben werden können. Abgesehen von den *Include*-Dateien, die *B&B*-Zusatzdaten enthalten, können mit den *Include*-Dateien 0 bzw. 4 die *ANSYS*-Dateien des *Kopfes* und des *Fußes* festgelegt werden, d.h. die Daten die die Berechnung bzw. das Postprocessing in *ANSYS* festlegen.

Das Beispiel zeigt die Konvertierung der *B&B*-Eingabedatei *s5.ein*. Es werden zusätzliche Lastdaten über die *Include*-Datei *Lasten.ein* importiert. Die *ANSYS*-spezifischen Steuerparameter zur Berechnung und Darstellung der Daten werden in den Dateien *Kopf.ans* sowie *Fuss.ans* festgelegt.

```
# Kopfdaten
include 0 Kopf.ans

# Lastdaten
include 2 Lasten.ein
include 4 Fuss.ans

# FE-Netz
add  s5.ein 0 0 FE-Netz

# Schreiben der ANSYS-Eingabedatei
writeans s5.ans
```

2.4.12 *WriteFemap*

Mit dem Kommando *WriteFemap* werden die Geometrie- und Gruppendaten der eingelesenen und generierten Systemdaten im *FEMAP*-Neutralformat der Version 8.2 geschrieben.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Dateibezeichnung der *FEMAP*-Neutraldatei.

Tabelle 2.34: Schreiben einer *FEMAP*-Neutraldatei

2.5 Auswahlkommandos

2.5.1 *SetEleSel*

Mit dem Kommando *SetEleSel* wird eine Elementauswahlsatz festgelegt. Auf diesen Auswahlsatz beziehen sich einige Kommandos (z.B. Freiheitsgrad- und Lastgenerierungen). Es ist darauf zu achten, dass ein einmal festgelegter Elementauswahlsatz solange aktiv bleibt bis er explizit überschrieben wird. Wahlweise kann zur Selektion ein Quadergebiet vorgegeben werden (siehe auch Abschnitt 2.6.6).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Typ}	I	Auswahltyp:
		0: Auswahl nach Elementnummern.
		1: Auswahl nach Materialgruppennummer.
		2: Auswahl nach Querschnittsgruppennummer.
		3: Auswahl nach Elementtyp.
		-1: Elementauswahl wird ausgeschaltet, d.h. alle Elemente werden in die Auswahlmenge übernommen.
S_{Sel}	S	Auswahlstring (siehe Abschnitt 1.5)
N_Q	I	Nummer des Quadergebiets (0: nicht gesetzt)

Tabelle 2.35: Generieren eines Elementauswahlsatzes

2.5.2 *SetSelActive*

Mit dem Kommando *SetSelActive* werden alle Elemente der *SetEleSel*-Auswahl (Abschnitt 2.5.1) für die Ausgabe aktiviert bzw. deaktiviert. Nicht aktivierte Elemente werden nicht in die FE-Dateien geschrieben.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Mode}	I	Aktivierungskenner:
		0: Auswahl wird deaktiviert.
		1: Auswahl wird aktiviert.

Tabelle 2.36: Auswahl Aktivieren

2.6 Kommandos für Zusatz- und Hilfsdaten

2.6.1 *SetKSys*

Mit dem Kommando *SetKSys* werden lokale Koordinatensysteme generiert.

Lokale Koordinatensysteme werden im Programm benötigt, um Geometrie-, Lager- und Lastdaten beliebig im Raum zu positionieren. Mit $N_{KSys} > 0$ wird ein lokales Koordinatensystem angesprochen. Das globale Koordinatensystem wird mit dem Kenner z.B. $N_{KSys} = 1$ zugewiesen (siehe Abschnitt 1.6).

Ein lokales Koordinatensystem wird durch drei Punkte festgelegt:

Punkte 1 beschreibt die Lage des Ursprungs.

Punkte 2 beschreibt die Richtung der lokalen 1-Achse (X-Achse).

Punkte 3 beschreibt die Lage der positiven 1-2-Ebene (X-Y-Ebene.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems.
$\vec{P}_1$	V	Ortsvektor Punkt 1.
$\vec{P}_2$	V	Ortsvektor Punkt 2.
$\vec{P}_3$	V	Ortsvektor Punkt 3.

Tabelle 2.37: Generieren eines lokalen Koordinatensystems

2.6.2 *SetIntFnk*

Das Kommando *SetIntFnk* wird bei der Generierung von Lastverteilungen verwendet. Die vorgegebenen Lasten können mit den Interpolationsfunktionen räumlich gewichtet werden (siehe auch Abschnitt 1.9).

Über 3 Stützstellen wird eine quadratische Interpolationsfunktion zur Berechnung der Gewichtsfaktoren aufgespannt. Die X-Werte der Stützstellen liegen bei -1, 0 und +1 und beziehen sich im Sinne eines Einheitsgebiets auf das vorliegende Quadergebiet des Kommandos. Zwischen den vorgegebenen Funktionswerten der Stützstellen der Interpolationsfunktion wird quadratisch interpoliert. Das so errechnete Gewicht wird auf die zu gewichtende Lastgröße aufmultipliziert.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{IFkt}	I	Nummer des Interpolationsfunktion.
N_{Pkt}	I	Anzahl der Stützstellen (z.Zt. nur 3 möglich).
y_1	R	1. y-Wert / Funktionswerte der 1. Stützstelle.
y_2	R	2. y-Wert / Funktionswerte der 2. Stützstelle.
y_3	R	3. y-Wert / Funktionswerte der 3. Stützstelle.

Tabelle 2.38: Generieren einer Interpolationsfunktion

2.6.3 *SetIntPol*

Das Kommando *SetIntPol* legt ein Interpolationspolygon fest. Zwischen den Stützstellen des Polygons wird linear interpoliert. Es werden für eine Stützstelle Position und Funktionswert vorgegeben. Das Kommando wird z.B. in der Funktion SweepLn2 verwendet, um die Sweep-Länge zu variieren. (siehe auch Abschnitt 1.9).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{IFkt}	I	Nummer des Interpolationsfunktion.
N_{Pkt}	I	Anzahl der Stützstellen (maximal 3).
x_1	R	1. x-Wert / Funktionswerte der 1. Stützstelle.
y_1	R	1. y-Wert / Funktionswerte der 1. Stützstelle.
x_2	R	2. x-Wert / Funktionswerte der 2. Stützstelle.
y_2	R	2. y-Wert / Funktionswerte der 2. Stützstelle.
x_3	R	3. x-Wert / Funktionswerte der 3. Stützstelle.
y_3	R	3. y-Wert / Funktionswerte der 3. Stützstelle.

Tabelle 2.39: Festlegen eines Interpolationspolygons

2.6.4 *InterPQ*

Mit dem Kommando *InterPQ* werden in einem Quadergebiet (siehe 1.7) in einem lokalen oder im globalen Koordinatensystem für 8 Stützpunkte (die Ecken des Quaders) Stützwerte vorgegeben. In einem nachfolgenden Kommando werden die Daten der Interpolatoren z.B. zur Generierung von Elementtemperturen herangezogen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Int}	I	Nummer des Interpolators.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
$\vec{R}_1$	V	1. Satz Stützwerte.
$\vec{R}_2$	V	2. Satz Stützwerte.

Tabelle 2.40: Festlegen eines Interpolators

Ein Satz Stützwerte enthält 8 Werte. Die Reihenfolge der Daten bezogen auf den vorgegebenen Quader wird wie folgt erwartet.

Index	X	Y	Z	Beschreibung
1	+	+	+	Quadrant 1 oben.
2	−	+	+	Quadrant 2 oben.
3	−	−	+	Quadrant 3 oben.
4	+	−	+	Quadrant 4 oben.
5	+	+	−	Quadrant 1 unten.
6	−	+	−	Quadrant 2 unten.
7	−	−	−	Quadrant 3 unten.
8	+	−	−	Quadrant 4 unten.

Tabelle 2.41: Reihenfolge der Stützwerte

Werden für den Interpolator keine Daten eingegeben, wird der Interpolator inaktiviert. Die Vorgabe der Stützwerte des 2. Satzes ($\vec{R}_2$) sind optional vorzugeben.

2.6.5 *KopInterPQ*

Mit dem Kommando *KopInterPQ* werden Quaderinterpolatoren (siehe Abschnitt 2.6.4) gekoppelt. Wahlweise können die Stützstellenwerte (1 bis 8) eines Interpolators ($N_{I,z}$) als interpolierte Werte eines anderen Interpolators ($S_{I,q}$) ermittelt werden. Mit interpolierten Stützstellenwerten können automatisch stetige Übergänge zwischen Interpolatoren erzielt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
$S_{I,q}$	S	Nummern der Quellinterpolatoren (Legt Stützstellenwert fest).
		Auswahlstring (siehe Abschnitt 1.5)
$N_{I,z}$	I	Nummer des Zielinterpolators (Übernahme des Stützstellenwert aus $N_{I,q}$).
$N_{P,1}$	I	Stützstellenpunkt 1 (siehe Tabelle 2.41).
$N_{P,2}$	I	Stützstellenpunkt 2 (siehe Tabelle 2.41).
...		...
$N_{P,8}$	I	Stützstellenpunkt 8 (siehe Tabelle 2.41).
		(Es können beliebige Punktnummern vorgegeben werden.)

Tabelle 2.42: Koppeln von Interpolatoren

Im Auswahlstring der Quellinterpolatoren ($S_{I,q}$) können Nummern mehrerer Quellinterpolatoren vorgegeben werden. Interpolatoren, in deren Gebiet kein gesuchter Eckpunkt liegt, werden bei der Stützstelleninterpolation ignoriert.

In Abbildung 2.1 wird eine Temperaturverteilung über Interpolatoren (siehe Abschnitt 2.6.4) auf die Außenwände eines Schubbodens aufgebracht. Die Stützwerte sind an den Ecken eines Quadergebiets vorzugeben. Die Temperaturverteilung wird mit dem Kommando *EleInterX* (siehe Abschnitt 2.15.20) generiert.

Der entsprechende Teil der Steuerdatei lautet wie folgt:

```
#           - Q ------ - x ---- - y - - z --- - P1 - P2 - P3 - P4  -P5 -P6 -P7 -P8
InterPQ 1 0 0.    0. 0. 3271. 1. 1. 1. 270. 1. 200. 800. 800. 200.   20. 50. 50. 20.
InterPQ 2 0 0. 577. 0. 3271. 1. 1. 1. 270. 1. 800. 200. 200. 800.   50. 20. 20. 50.

# Interpolieren
#         Lf IQv IQb
EleInterX 12  1   2
```

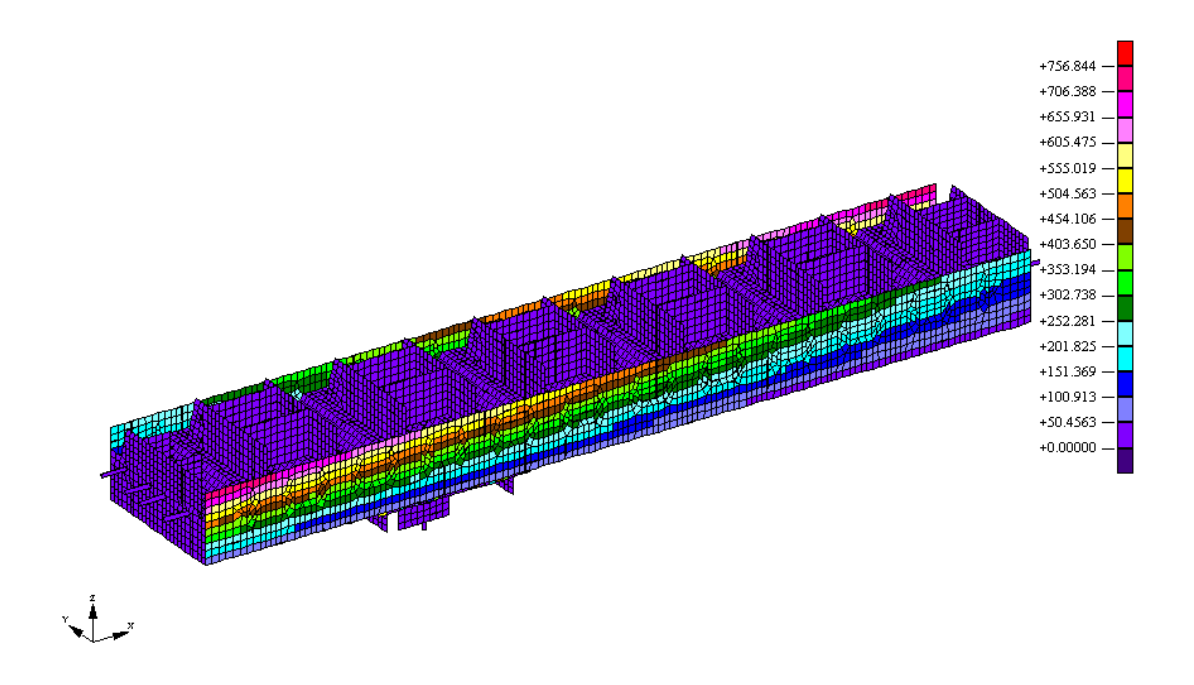


Abbildung 2.1: Temperaturverteilung auf Seitenwände durch Interpolatoren

In Abbildung 2.2 wird eine Temperaturverteilung über Interpolatoren (siehe Abschnitt 2.6.4) auf die Außenwände eines Schubbodens aufgebracht. Die Frontwände werden durch weitere Interpolatoren beschrieben, deren Stützstellenwerte aus den Bereichen der Seitenwandinterpolatoren mit dem Kommando *KopInterPQ* ermittelt werden.

Die Stützstellenwerte der angekoppelten Interpolatoren können als Dummy-Werte betrachtet werden, da diese durch *KopInterPQ* programmintern ermittelt und überschrieben werden. Der entsprechende Teil der Steuerdatei lautet wie folgt:

```
#           - Q ------ - x ---- - y - - z --- - P1 - P2 - P3 - P4  -P5 -P6 -P7 -P8
InterPQ 1 0 0.   0. 0. 3271. 1. 1. 1. 270. 1. 200. 800. 800. 200.   20. 50. 50. 20.
InterPQ 2 0 0. 577. 0. 3271. 1. 1. 1. 270. 1. 800. 200. 200. 800.   50. 20. 20. 50.

InterPQ 3 0 0.    0. 0. 1. 1. 578. 1. 270. 1. 0. 0.   0.   0.    0.  0.  0.  0.
InterPQ 4 0 3270. 0. 0. 1. 1. 578. 1. 270. 1. 0. 0.   0.   0.    0.  0.  0.  0.

KopInterPQ 1 3  3 4 7 8
KopInterPQ 2 3  1 2 5 6

KopInterPQ 1 4  3 4 7 8
KopInterPQ 2 4  1 2 5 6

# Interpolieren
#          Lf IQv IQb
EleInterX 12  1   4
```

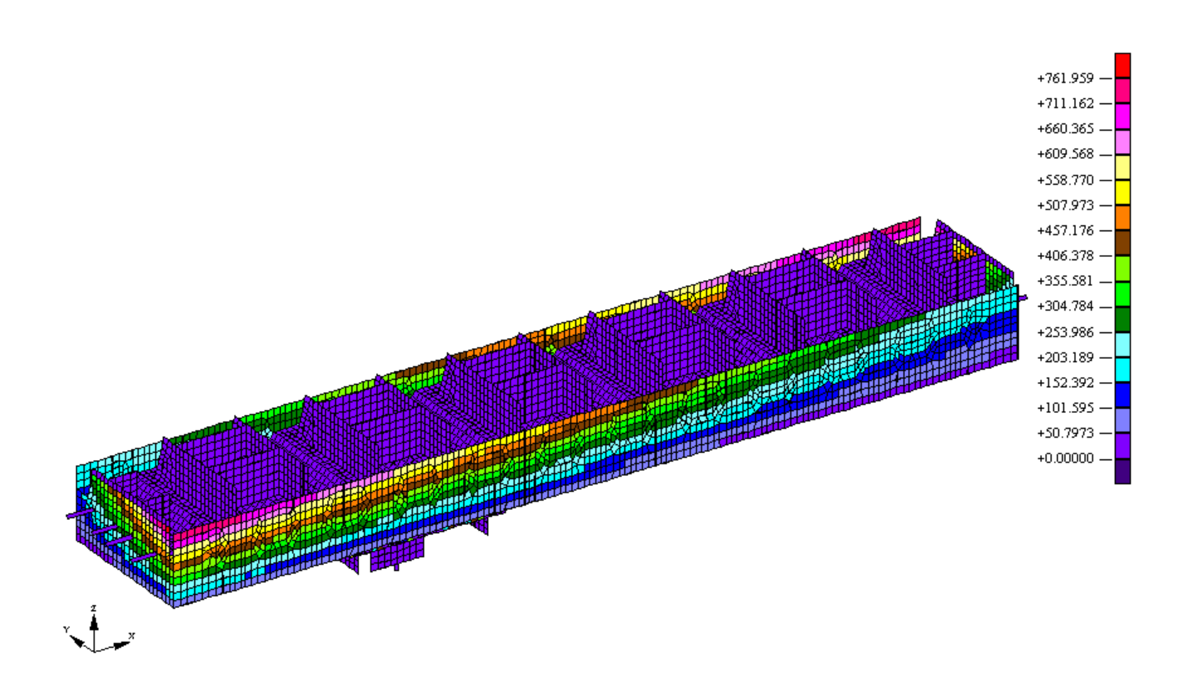


Abbildung 2.2: Temperaturverteilung durch Kopplung von Interpolatoren

2.6.6 *SetQuader*

Mit dem Kommando *SetQuader* werden Quadergebiete festgelegt und in die Liste der Quadergebiete eingetragen. Auf die Liste der Quadergebiete kann in den Auswerteroutinen Bezug genommen werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_Q	I	Nummer des zu setzenden Quadergebiets.
K_{Aktiv}	I	Aktivierungskenner (0:inaktiv/1:aktiv).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).

Tabelle 2.43: Vereinbaren eines Quadergebiets

2.6.7 *ResetQuader*

Mit dem Kommando *ResetQuader* werden gesetzte QuaderGebiete deaktiviert.

Parameter	Typ	Beschreibung
Typ	I	Filtertyp: $= 0$: Alle Quadergebiete werden deaktiviert. $\neq 0$: Das vorgegebene Quadergebiet wird deaktivieren.

Tabelle 2.44: Quadergebiet deaktivieren

2.6.8 *ResetFixPnt*

Mit dem Kommando *ResetFixvek* wird der Fixpunktvektor mit vorgegebener Nummer zurückgesetzt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_F	I	Nummer des Fixpunktvektors.

Tabelle 2.45: Zurücksetzen des Fixpunktvektors

2.6.9 *AddToFixPnt*

Mit dem Kommando *AddToFixPnt* werden Fixpunktkoordinaten einem Fixpunkt-Vektor hinzugefügt. In einem Schritt können bis zu 10 Punkte übernommen werden. Nach Übernahme der Punkte wird der entsprechende Fixpunktvektor sortiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_F	I	Nummer des Fixpunktvektors.
x_1	R	1. Koordinate.
x_2	R	2. Koordinate.
...	R	...
x_{10}	R	10. Koordinate.

Tabelle 2.46: Eingabe von Fixpunktkoordinaten

2.6.10 *SetFixPntEps*

Mit dem Kommando *SetFixPntEps* wird der Fangbereich des Fixpunktvektors gesetzt. Liegt ein hinzugefügter Punkt im ϵ-eines bereits existierenden Punktes, so wird der hinzufügende Punkt ignoriert.

Parameter	Typ	Beschreibung
ϵ	R	Fangradius.

Tabelle 2.47: Fangradius festlegen

2.7 EXEC-Kommandos

In diesem Abschnitt werden die Kommandos beschrieben, mit deren Hilfe Programm aus einem *BUBBAUTL*-Skript gestartet werden können.

2.7.1 *Run_BubView*

Mit dem Kommando *Run_BubView* wird das Programm *BUBVIEW* aus dem Skript gestartet.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Dateibezeichnung der *B&B*-Eingabedatei.

Tabelle 2.48: Starten von *BUBVIEW*

2.7.2 *Run_BubRec*

Mit dem Kommando *Run_BubRec* wird das Programm *BUBREC* aus dem Skript gestartet.

Parameter	Typ	Beschreibung
F_{BUB}	S	Dateibezeichnung der *B&B*-Eingabedatei.
F_{PRJ}	S	Bezeichnung des Projekts (d.h. Praefix der *B&B*-Eingabedatei).

Tabelle 2.49: Starten von *BUBREC*

2.7.3 *Run_BubPrt*

Mit dem Kommando *Run_BubPrt* wird das Programm *BUBPRT* aus dem Skript gestartet.

Parameter	Typ	Beschreibung
F_{PRJ}	S	Bezeichnung des Projekts (d.h. Praefix der *B&B*-Eingabedatei).

Tabelle 2.50: Starten von *BUBPRT*

2.7.4 *Run_BubBBE*

Mit dem Kommando *Run_BubBBE* wird das Programm *BUBPRT* aus dem Skript zur Generierung einer *BBE*-Datei gestartet.

Parameter	Typ	Beschreibung
F_{PRJ}	S	Bezeichnung des Projekts (d.h. Praefix der *B&B*-Eingabedatei).
F_{BBE}	S	Bezeichnung der *BBE*-Datei.

Tabelle 2.51: Starten der *BBE*-Dateigenerierung mit *BUBPRT*

2.7.5 *Run*

Mit dem Kommando *Run* kann ein beliebiges Programm aus dem Skript gestartet werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
F_{Pgm}	S	Bezeichnung des Programms (mit vollständiger Pfadangabe).
Arg_1	S	Argument 1.
Arg_2	S	Argument 2.
$\cdots$	S	$\cdots$
Arg_10	S	Argument 10.

Tabelle 2.52: Starten eines beliebigen Programms

<u>Anmerkung</u>: Es ist darauf zu achten, dass maximal 10 Programmargumente übergeben werden. Leerzeichen enthaltende Strings werden als Programmargumente nicht unterstützt.

2.8 Kommandos zur Bauteilbearbeitung

2.8.1 *Move*

Mit dem Kommando *Move* wird das letzte geladen Bauteil um den vorgegebenen Verschiebungsvektor $\vec{T} = (dx, dy, dz)$ verschoben.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{T}$	V	Translationsvektor.

Tabelle 2.53: Verschieben eines geladenen Bauteils

2.8.2 *Rotate*

Mit dem Kommando *Rotate* wird das letzte geladen Bauteil um die vorgegebenen Koordinatenachse um den Winkel α rotiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Achse}	I	Kenner für Drehachse:
		0: Drehachse ist globale X-Achse.
		1: Drehachse ist globale Y-Achse.
		2: Drehachse ist globale Z-Achse.
α	R	Drehwinkel.

Tabelle 2.54: Drehen eines Bauteils um globale Achsen

2.8.3 *RotCopy*

Mit dem Kommando *RotCopy* wird eine Kopie des letzten geladen Bauteils um die vorgegebenen Koordinatenachse um den Winkel α rotiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Achse}	I	Kenner für Drehachse:
		0: Drehachse ist globale X-Achse.
		1: Drehachse ist globale Y-Achse.
		2: Drehachse ist globale Z-Achse.
α	R	Drehwinkel.

Tabelle 2.55: Drehen einer Bauteilkopie um globale Achsen

2.8.4 *Reflect*

Mit dem Kommando *Reflect* wird das letzte geladene Bauteil gespiegelt und kopiert, wobei das Ausgangsbauteil unverändert beibehalten wird. Mit $K_1 = 1$ wird vorgegeben, dass beim Kopieren von Flächenelementen die Normalenrichtung invertiert wird (sinnvoll bei der Generierung von Kesselböden mit Innendruckbelastung). Das Spiegeln kann über die Kenner Q_v (Startquerschnittsgruppennummer) und Q_b (Endgquerschnittsgruppennummer) auf Elemente mit vorgegebener Querschnittsgruppe eingeschränkt werden. Werden die Kenner auf 0 gesetzt, so wird das Spiegeln auf alle Elemente ausgedehnt.

Die Spiegelebene liegt stets paralell zur X-Y-Ebene des lokalen Koordinatensystems, das mit dem Parameter N_{KSys} festgelegt wird. Das verwendete Koordinatensystem ist zuvor über das Kommando *SetKSys* zu definieren (siehe Abschnitt 2.6.1). Die Lage der Spiegelebene in Bezug auf die X-Y-Ebene des verwendeten Koordinatensystems ist durch die Z-Koordinate der Ebenenpunkte vorzugeben.

Mit dem Parameter ϵ wird der Fangbereich der Elementknoten festgelegt, die als auf der Spiegelebene liegend betrachtet werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
K_1	I	Kenner für Invertierung der Flächenelementnormalen:
		0: Normale wird nicht invertiert.
		1: Normale wird invertiert.
Q_v	I	Querschnittsgruppenfilter, von Nummer (0: alle).
Q_b	I	Querschnittsgruppenfilter, bis Nummer (0: alle).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
Z	R	Z-Wert der Spiegeleben. Die Spiegeleben liegt stets parallel zur lokalen X-Y-Ebene.
ϵ	R	Fanggenauigkeit.
Quad	I	Quadernummer (Nr. des Fanggebiets).

Tabelle 2.56: Spiegeln und kopieren eines Bauteils

Hinweis:
Entfällt die Vorgabe der Quadergebietsnummer, so wird der Fang auf das letzte importierte Bauteil bezogen.

2.8.5 *SweepLn*

Das Kommando *SweepLn* extrudiert eine ausgewähle Gruppe von Elementen (1d- oder 2d-Elemente) in die dritte Dimension.

So werden aus Stabelementen entlang eines Verschiebungsvektors $\vec{T} = (dx, dy, dz)$ N_{inc} vierknotige Flächenelemente generiert. Der Typ der Flächenelemente wird durch den Parameter T_{Ele} festgelegt (siehe Abschnitt 4.2). Flächenelemente des Types 211 und 215 werden in Quader- bzw. Keil-Elemente extrudiert. Entlang der Extrusionsrichtung können Festpunkte mittels eines Fixpunktvektors vorgegeben werden. Die Ausgangselemente werden durch die *SweepLn*-Funktion nicht gelöscht.

Die Elementgruppe wird mit dem Auswahlkommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
T_{Ele}	I	Elementtyp der zu generierenden Elemente (siehe [BHB]).
N_{inc}	I	Anzahl der Elemente in Generierungsrichtung.
$\vec{T}$	V	Vektor der Generierungsrichtung.
$L_{inc,X}$	R	Maximales Inkrement, beeinflußt die Inkrementanzahl.
N_{Fix}	I	Nummer des Festpunktvektors (0: keine Fixpunkte).
G_{Mat}	I	Materialgruppeninkrement (0: Übernahme aus Elternelement).
G_{Que}	I	Querschnittsgruppeninkrement (0: Übernahme aus Elternelement).
δ	R	Der Startpunkt des Sweepens kann mit δ beliebig auf der Sweeprichtung gewählt werden.
K	I	Kennerfeld (hexadezimal)
		Bit 1: 0x0001: Gruppenexplizit übernehmen.

Tabelle 2.57: Extrudieren von Elementen

2.8.6 *SweepLn2*

Das Kommando *SweepLn2* extrudiert ein durch Stabelemente beschriebenes Profil in die dritte Dimension. Aus den Stabelementen werden entlang der lokalen Z-Achse eines vorgegebenen lokalen Koordinatensystems N_{inc} vierknotige Flachenelemente generiert. Der Typ der Flächenelemente wird durch den Parameter T_{Ele} festgelegt (siehe Abschnitt 4.2). Die Stabelemente werden durch die *SweepLn2*-Funktion nicht gelöscht.

Die Elementgruppe wird mit dem Auswahlkommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt. Zusätzlich kann durch Vorgaben eines Quadergebiets (siehe Abschnitt 2.6.6) eine räumliche Filterung vorgenommen werden.

Die Extrusion kann optional durch Vorgabe von Interpolationsfunktionen (siehe Abschnitt **??**) in lokale X- bzw. Y-Richtung gewichtet werden. Sollte sich für eine Knoten-Position ein verschwindendes Gewicht ergeben, so werden bei der Generierung die betroffenen Elemente die Viereckelemente in Dreieckeelemente gewandelt.

Parameter	Typ	Beschreibung
T_{Ele4}	I	Elementtyp der generierten 4-Eck-Flächenelemente (siehe [BHB]).
N_{inc}	I	Anzahl der Elemente in Generierungsrichtung.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems der Generierung.
L_{Gen}	R	Bezugslänge der Generierung.
Q_{Sel}	I	Nummer des Quadergebiets zur räumlichen Filterung.
$L_{inc,X}$	R	Maximales Inkrement, beeinflußt die Inkrementanzahl.
N_{Fix}	I	Nummer des Festpunktvektors (0: keine Fixpunkte).
G_{Mat}	I	Materialgruppeninkrement (0: Übernahme aus Stab).
G_{Que}	I	Querschnittsgruppeninkrement (0: Übernahme aus Stab).
F_{IntX}	I	Interplolationsfunktion in X-Richtung. (0:keine)
F_{IntY}	I	Interplolationsfunktion in Y-Richtung. (0:keine)
T_{Ele3}	I	Elementtyp der generierten 3-Eck-Flächenelemente (siehe [BHB]).

Tabelle 2.58: Extrudieren eines 2d-Profils, Variante 2

2.8.7 *SweepCr*

Das Kommando *SweepCr* extrudiert ein durch Stabelemente beschriebenes Profil in die dritte Dimension. Aus den Stabelementen werden entlang eines Verschiebungsbogens auf einer i.A. Konusfläche N_{inc} vierknotige Flächenelemente generiert. Der Typ der Flächenelemente wird durch den Parameter T_{Ele} festgelegt (siehe Abschnitt 4.2). Die Stabelemente werden durch die *SweepCr*-Funktion nicht gelöscht.

Parameter	Typ	Beschreibung
T_{Ele}	I	Elementtyp der generierten Flächenelemente (siehe [BHB]).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:Global).
N_{inc}	I	Anzahl der Elemente in Generierungsrichtung.
ϕ	R	Winkelbereich der Generierung (Standard: 360°).
N_{Fix}	I	Nummer des Festpunktvektors (0: keine Fixpunkte).
G_{Mat}	I	Nummer des Materialgruppe (0: Übernahme aus Stab).
G_{Que}	I	Nummer des Querschnittsgruppe (0: Übernahme aus Stab).

Tabelle 2.59: Extruieren eines 2d-Profils auf Konusfläche

Hinweis:
Wenn mit dem Kommando *SetEleSel* keine Elementauswahl getroffen wurde, werden die Elemente des letzten Bauteils herangezogen.[1]

[1]Dies wird insbesondere aus Kompatibilität zu alten Programmversionen beibehalten.

2.8.8 *SweepRd*

Das Kommando *SweepRd* extruiert einen durch Stabelemente beschriebenen Kreisbogen in radiale Richtung zur Kreisbogenscheibe. Aus den Stabelementen werden in dieser Weise durch den radialen Verschiebungsvektors $\vec{T} = (dr, \phi, dz = 0)$ N_{inc} vierknotige Flächenelemente generiert. Der Typ der Flächenelemente wird durch den Parameter T_{Ele} festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
T_{Ele}	I	Elementtyp der generierten Flächenelemente (siehe [BHB]).
N_{inc}	I	Anzahl der Elemente in Generierungsrichtung.
R	R	Radius Verschiebungswert.

Tabelle 2.60: Radiales Extruieren einer Linie

2.8.9 *MoveGrp*

Mit dem Kommando *MoveGrp* wird eine Elementgruppe um den vorgegebenen Verschiebungsvektor $\vec{T} = (dx, dy, dz)$ verschoben. Die Elementgruppe wird mit dem Auswahlkommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt. Zudem kann optional über den geometrischen Ort der Elementschwerpunkte gefiltert werden (siehe Abschnitt 1.7).

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{T}$	V	Translationsvektor.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems:
		-1: keine Gruppenauswahl
		0: globales Koordinatensystem
		> 0: lokales Koordinatensystem
QG	Q	Quadergebiet zur topologischen Filterung.

Tabelle 2.61: Verschieben einer Elementgruppe

Im Beispiel der Abbildung 2.3 wird mit dem unten gegebenen Steuercode die Elementgruppe 3 um eine Elementlänge in Z-Richtung verschoben. Zuvor wurden die Elementgruppen mit dem Kommando *CutGrp* (siehe Abschnitt 2.11.6) gelöst. Die linke Seite der Abbildung 2.3 zeigt den Ausgangszustand. Die Gruppen wurde bereits gelöst. Die rechte Seite der Abbildung zeigt den Zielzustand. Die Gruppe 3 wurde um eine Elementlänge in Z-Richtung verschoben.

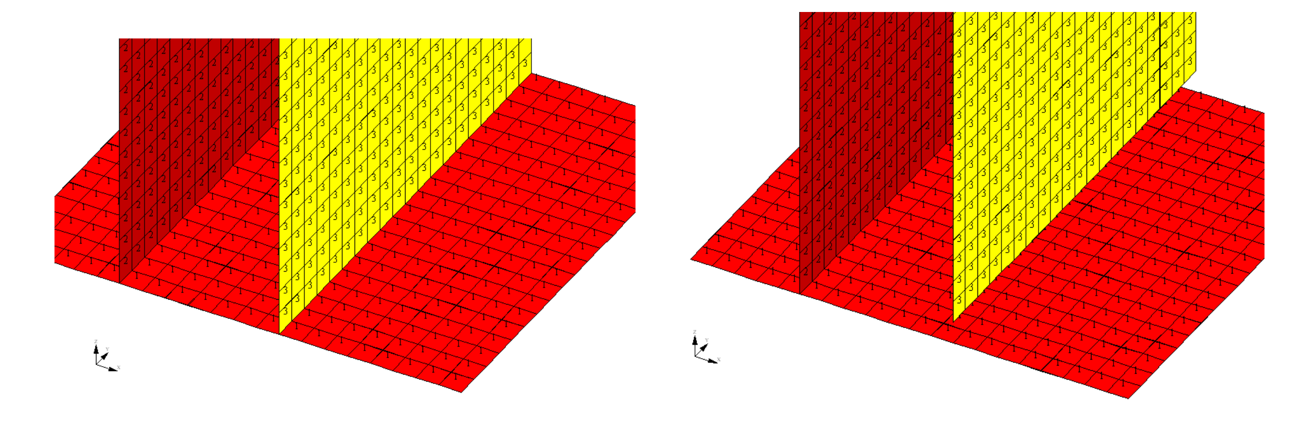


Abbildung 2.3: Verschieben einer Elementgruppe

```
# Verschieben der Gruppe 3
# - Querschnittsgruppe 3 setzen
setelesel 2 3;
movegrp 0. 0. 5.
```

2.8.10 *CopyGrp*

Mit dem Kommando *CopyGrp* wird eine Elementgruppe unter Berücksichtigung des vorgegebenen Verschiebungsvektor $\vec{T} = (dx, dy, dz)$ optional mehrfach kopiert. Bei mehrfachen Kopien wird der Translationsvektor entsprechend vervielfacht. Die Elementgruppe wird mit dem Auswahlkommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt. Zudem kann optional über den geometrischen Ort der Elementschwerpunkte gefiltert werden (siehe Abschnitt 1.7).

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{T}$	V	Translationsvektor.
N_{Ink}	I	Anzahl der zu erstellenden Kopien.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems:
		-1: keine Gruppenauswahl
		0: globales Koordinatensystem
		$>$ 0: lokales Koordinatensystem
QG	Q	Quadergebiet zur topologischen Filterung.

Tabelle 2.62: Kopieren einer Elementgruppe

Im Beispiel der Abbildung 2.4 wird mit dem unten gegebenen Steuercode die Elementgruppe 3 um eine Elementlänge in X-Richtung vierfach kopiert (siehe auch Abschnitt 2.8.9).Die linke Seite der Abbildung 2.4 zeigt den Ausgangszustand. Die rechte Seite der Abbildung zeigt den Zielzustand. Die Gruppe 3 wurde vierfach um eine Elementlänge in X-Richtung kopiert.

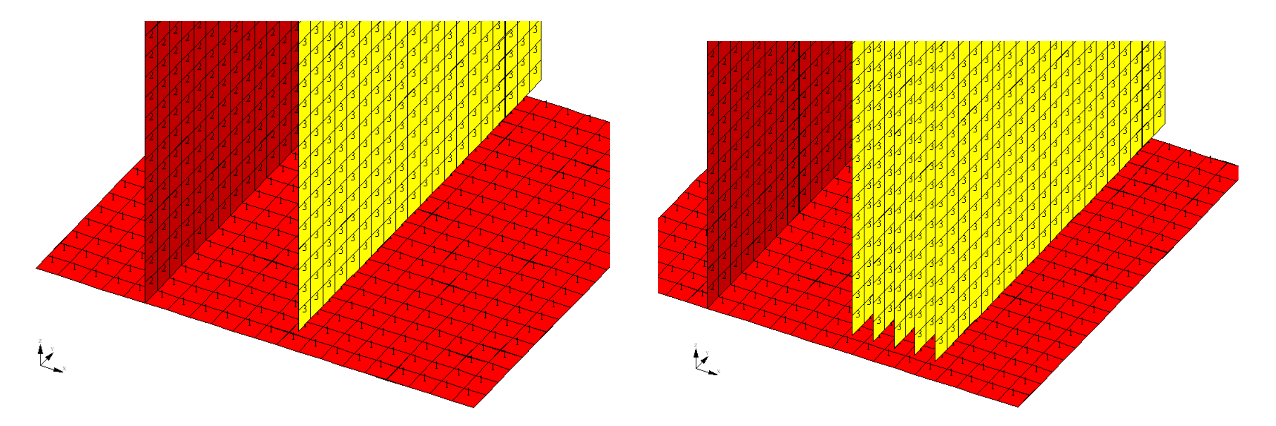


Abbildung 2.4: Kopieren einer Elementgruppe

```
# Kopieren der Gruppe 3
# - Querschnittsgruppe 3 setzen
setelesel 2 3;
copygrp 5. 0. 0. 4
```

2.8.11 *ReflectGrp*

Mit dem Kommando *ReflectGrp* wird eine Elementgruppe unter Berücksichtigung des vorgegebenen Koordinatensystems der Spiegelebene gespiegelt kopiert. Die Spielgelebene wird durch die X-Y-Ebene des vorgegebenen lokalen Koordinatensystems festgelegt. Die Elementgruppe wird mit dem Auswahlkommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt. Zudem kann optional über den geometrischen Ort der Elementschwerpunkte gefiltert werden (siehe Abschnitt 1.7).

Parameter	Typ	Beschreibung
$N_{KSys,S}$	I	Koordinatensystem der Spiegelebene.
Ken	I	Kennerfeld (noch nicht verwendet)
QG	Q	Quadergebiet zur topologischen Filterung.

Tabelle 2.63: Gespiegeltes Kopieren einer Elementgruppe

2.9 Kommandos zur Knotenbearbeitung

2.9.1 *ShiftCir*

Mit dem Kommando *ShiftCir* können Knoten, die in einem lokalen Zylinderkoordinatensystem in der Nähe einer vorgegebenen Kreislinie liegen, auf eine ebenfalls vorgegebene Kreislinie verschoben werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
R_{Ist}	R	Radius der *Ist*-Knoten, die verschoben werden sollen.
R_{Soll}	R	Radius der *Soll*-Knoten. Die eingefangenen *Ist*-Knoten werden auf den Kreis mit Radius R_{Soll} verschoben.
α_{von}	R	Startwert des Winkelbereichs (noch nicht implementiert), optional.
α_{bis}	R	Zielwert des Winkelbereichs (noch nicht implementiert), optional.
ϵ_R	R	Fangradius (Standard: $\epsilon_R = 0.01$), optional.

Tabelle 2.64: Knoten auf Kreislinie schieben

2.9.2 *ShiftQuad*

Mit dem Kommando *ShiftQuad* können Knoten, die in einem Quadergebiet liegen, verschoben werden. Das Quadergebiet kann in einem lokalen Koordinatensystem vereinbart werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
Q	Q	Quadergebiet des Suchraums.
V	V	Verschiebungsvektor.

Tabelle 2.65: Knoten im Quadergebiet verschieben

2.10 Kommandos zur Elementgenerierung

2.10.1 Setzen von Standardparametern

Die Standardparameter (z.B. Elementgruppen und Richtungen) werden in einigen Genierungsroutinen zur Festlegung der Elementeigenschaft herangezogen. Die Werte der Standardparameter werden mit nachfolgenden Kommandos gesetzt.

2.10.1.1 ***SetDefGrp***

Mit *SetDefGrp* werden in der Elementgenerierung Standardgruppen vereinbart und zugewiesen.

Parameter	Typ	Beschreibung
G_1	I	Materialgruppe.
G_2	I	Querschnittsgruppe.
G_3	I	Balkenendgelenkgruppe.

Tabelle 2.66: Standardgruppenzuweisung

2.10.1.2 ***SetDefDir***

Mit *SetDefDir* wird bei der Generierung der Balkenelemente eine Standardrichtung für den 3. Knoten vorgegeben und optional zugewiesen.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X}_d$	V	Standardrichtung für Balkenrichtungsknoten.

Tabelle 2.67: Standardrichtungsknoten

2.10.2 *GenEle2*

Mit dem Kommando *GenEle2* werden 2-knotige Elemente generiert. Optional können auf einer Linie zwischen den beiden vorgegebenen Stützstellen Elementzüge generiert werden. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{ETyp}	I	Elementtyp.
$\vec{X}_1$	V	Startpunkt der Generierung.
$\vec{X}_2$	V	Zielpunkt der Generierung.
Inc	I	Inkrementierung (Standard: 1).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.68: Generierung von 2-knotigen Elementen

2.10.3 *GenEle3*

Mit dem Kommando *GenEle3* werden 3-knotige Flächenelemente generiert. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{ETyp}	I	Elementtyp.
$\vec{X}_1$	V	Elementknoten 1.
$\vec{X}_2$	V	Elementknoten 2.
$\vec{X}_3$	V	Elementknoten 3.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.69: Generierung von 3-knotigen Elementen

2.10.4 *GenEle4*

Mit dem Kommando *GenEle4* werden 4-knotige Flächenelemente generiert. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{ETyp}	I	Elementtyp.
$\vec{X}_1$	V	Elementknoten 1.
$\vec{X}_2$	V	Elementknoten 2.
$\vec{X}_3$	V	Elementknoten 3.
$\vec{X}_4$	V	Elementknoten 4.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.70: Generierung von 4-knotigen Flächenelementen

2.10.5 *GenEle4CirSeg*

Mit dem Kommando *GenEle4CirSeg* werden 4-knotige Flächenelemente in einem Kreisstreifen generiert. Der Streifen wird berandet durch einen Kreisbogen und zwei parallel in X-Richtung laufende Linien. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
R	R	Bogenradius.
Z	R	Lage des Bogenmittelpunktes auf der z-Achse.
X_1	R	X-Koordinate der 1. Linie.
X_2	R	X-Koordinate der 2. Linie.
Inc_1	I	Mindestanzahl der Inkremente in X-Richung.
Inc_2	I	Mindestanzahl der Inkremente auf Bogenlinie.
Lng_X	R	Maximale Inkrementlänge in X-Richtung.
Lng_ϕ	R	Maximaler Inkrementierungswinkel auf Bogenlinie.
$N_{Vek,X}$	I	Nummer des Festpunkt-Vektors für X-Inkrementierung.
$N_{Vek,\phi}$	I	Nummer des Festpunkt-Vektors für ϕ-Inkrementierung.

Tabelle 2.71: Generierung von 4-knotigen Flächenelementen in Kreisstreifen

2.10.6 *GenEle3B*

Mit dem Kommando *GenEle3B* werden 3-knotige Balkenelemente generiert. Optional können auf einer Linie zwischen den beiden vorgegebenen Stützstellen Elementzüge generiert werden. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1). Die Richtung des 3. Knotens kann etweder explizit durch Vorgabe eines Punktes oder implizit durch Setzen der Standardrichtung festgelegt werden (siehe Abschnitt 2.10.1.2).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{ETyp}	I	Elementtyp.
Inc	I	Inkrementierung.
$\vec{X}_1$	V	Startpunkt.
$\vec{X}_2$	V	Zielpunkt.
$\vec{X}_3$	V	Richtungsknoten.

Tabelle 2.72: Generierung von 3-knotigen Balkenelementen

2.10.7 *GenEle3BG*

Mit dem Kommando *GenEle3BG* werden 3-knotige Balkenelemente generiert. Optional können auf einer Linie zwischen den beiden vorgegebenen Stützstellen Elementzüge generiert werden. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1). Die Richtung des 3. Knotens wird durch Setzen der Standardrichtung festgelegt (siehe Abschnitt 2.10.1.2). Wahlweise können Gelenkgruppen für die Gelenkbedingungen am Start- bzw. am Zielknoten vorgegeben werden. Für den Stabilitätsnachweis kann zudem die Knicklänge des Balkenzuges als Faktor bezogen auf die Länge des Balkenzuges festgelegt werden (z.B. 2. für beidseitig gelenkig).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{ETyp}	I	Elementtyp.
Inc	I	Inkrementierung.
$\vec{X}_1$	V	Startpunkt.
$\vec{X}_2$	V	Zielpunkt.
$G_{BG,A}$	I	Balkenendgelenkgruppe am 1. Knoten des Balkenzuges.
$G_{BG,B}$	I	Balkenendgelenkgruppe am letzten. Knoten des Balkenzuges.
s_k	R	Faktor der Knicklänge.

Tabelle 2.73: Generierung von 3-knotigen Balkenelementen mit Gelenken

2.10.8 *GenEle3BG3*

Mit dem Kommando *GenEle3BG3* werden 3-knotige Balkenelemente generiert. Optional können auf einer Linie zwischen den beiden vorgegebenen Stützstellen Elementzüge generiert werden. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1). Die Richtung des 3. Knotens wird im Gegensatz zu *GenEle3BG* explizit festgelegt. Wahlweise können Gelenkgruppen für die Gelenkbedingungen am Start- bzw. am Zielknoten vorgegeben werden. Für den Stabilitätsnachweis kann zudem die Knicklänge des Balkenzuges als Faktor bezogen auf die Länge des Balkenzuges festgelegt werden (z.B. 2. für beidseitig gelenkig).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{ETyp}	I	Elementtyp.
Inc	I	Inkrementierung.
$\vec{X}_1$	V	Startpunkt.
$\vec{X}_2$	V	Zielpunkt.
$\vec{X}_3$	V	Richtungspunkt.
$G_{BG,A}$	I	Balkenendgelenkgruppe am 1. Knoten des Balkenzuges.
$G_{BG,B}$	I	Balkenendgelenkgruppe am letzten. Knoten des Balkenzuges.
s_k	R	Faktor der Knicklänge.

Tabelle 2.74: Generierung von 3-knotigen Balkenelementen mit Gelenken und expliziter 2-Richtung

2.10.9 *GenEle3BZG*

Mit dem Kommando *GenEle3BZG* werden 3-knotige Balkenelemente auf einem Kreisbogen unter Berücksichtigung fester Winkelwerte generiert. Die Zuweisung der Elementgruppen erfolgt über die gesetzten Standardgruppen, Kommando *SetDefGrp* (siehe Abschnitt 2.10.1.1). Die Richtung des 3. Knotens wird über die Vorgabe eines Winkelwertes festgelegt, der die Neigung der 2-Achse aus der Bogenebene heraus beschreibt.

Der Kreisbogen liegt stets in der x-y-Ebene des lokalen Koordinatensystems (0:global). Der Mittelpunkt liegt auf der z-Achse.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystes (0: global).
N_{ETyp}	I	Elementtyp.
R	R	Bogenradius.
Z	R	Lage des Bogenmittelpunktes auf der z-Achse.
ϕ	R	Neigungswinkel der 1-2-Balkenebene zur lokalen x-y-Ebene.
Inc	I	Mindest-Inkrementierung.
Lng	R	Maximale Elementlänge.
N_{Vek}	I	Nummer des Festwinkel-Vektors.

Tabelle 2.75: Generierung von 3-knotigen Balkenelementen auf Bogen

2.10.10 *Stb2Fed1*

Mit dem Kommando *Stb2Fed1* können Stabelemente in Federelemente umgesetzt werden. Dabei können die Stabelemente wahlweise ersetzt oder beibehalten werden. Die Richtung der Federlemente kann beliebig vorgegeben werden. Das Kommando unterstützt die Elementauswahl über *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des Koordinatensystems (0:Global).
N_{Typ}	I	Elementtyp. (0: Standardtyp Richtungsfeder 2).
$Mode$	I	Verarbeitungsmodus.
		0 : Stabelemente werden durch Federelemente ersetzt.
		1 : Stabelemente werden nicht entfernt.
$MGrp$	I	Nummer der Materialgruppe des Federelements.
$QGrp$	I	Nummer der Querschnittsgruppe des Federelements.
Dir	I	Festlegung der Wirkungsrichtung:
		0 : Wirkung in Elementrichtung.
		1 : im aktuellen Koordinatensystem um 90° gedreht.
		2 : im aktuellen Koordinatensystem um beliebigen Winkel gedreht.
		3 : Vorgabe der Richtung kartesisch.
		4 : Vorgabe der Richtung zylindrisch.
$\vec{X}$	V	Der Vektor (x, y, z) legt die Wirkungsrichtung fest.
$nSel$	I	Selektionsart:
		0 : keine Selektion.
		1 : Auswahl über Materialgruppen.
		2 : Auswahl über Querschnittsgruppen.
$sSel$	S	Selektionstext (siehe Abschnitt 1.5).
$FLng$	R	Faktor zur Skalierung der Länge $\overline{K_A K_C}$.

Tabelle 2.76: Generierung von Richtungsfedern

Mit den folgenden Parameter wird die Liste der Standardparameter optional fortgeschrieben (siehe Tabelle 2.76).

Parameter	Typ	Beschreibung
$nKor$	I	Richtungskorrekturmodus:
		0 : inaktiv.
		1 : Radiale Korrektur.
		2 : Vektorielle Korrektur.
$\vec{X}_K$	V	Der Vektor (x, y, z) legt die Korrekturrichtung fest.

Tabelle 2.77: Generierung von Richtungsfedern / Zusatzparameter

2.10.11 *FedNorm*

Mit dem Kommando *FedNorm* werden die Gewichte (d.h. die Flächenwerte) der generierten Federn einer Querschnittsgruppe normiert. Es werden die Querschnittsgruppen im Bereich von Q_{von} bis Q_{bis} betrachtet und zusätzlich über den Filter Q_{Sel} (siehe Abschnitt 1.5) selektiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
Q_{von}	I	Anfangsquerschnittsgruppennummer.
Q_{bis}	I	Endquerschnittsgruppennummer.
Q_{Sel}	S	Der Auswahlfilterstring bezieht sich auf Querschnittsgruppennummern.

Tabelle 2.78: Normierung der Federgewichte

2.10.12 *FedQuad*

Mit dem Kommando *FedQuad* werden Senkfedern in einem Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7) generiert, dabei sind Richtungsvektor und Federgruppennummern vorzugeben. Die Vorgabe des Elementtyps ist optional. Standardmäßig wird der Elementtyp 1 verwendet, die Translationssenkfeder.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet für Selektion.
$\vec{E}$	V	Richtungsvektor der Federwirkung.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
E_{Typ}	I	Elementtyp (Standard: 1).

Tabelle 2.79: Senkfedern im Quadergebiet

2.10.13 *FedQuad2*

Mit dem Kommando *FedQuad2* werden Senkfedern in einem Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7) generiert, dabei sind Richtungsvektor und Federgruppennummern vorzugeben. Im Unterschied zum Kommando *FedQuad* kann das Kommando auch mit lokalen Koordiantensystemen eingesetzt werden. Die Vorgabe des Elementtyps ist optional. Standardmäßig wird der Elementtyp 1 verwendet, die Translationssenkfeder. Ebenfalls kann optional berücksichtigt werden, dass das Einzugsgebiets der Feder berücksichtigt werden soll. Ohne Vorgabe dieser Kennung werden die Senkfedern einheitlich gewichtet.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: globales System).
QG	Q	Quadergebiet für Selektion.
$\vec{E}$	V	Richtungsvektor der Federwirkung.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
$Flag$	I	Berücksichtigung des Einzuggebiets.
E_{Typ}	I	Elementtyp (Standard: 1).

Tabelle 2.80: Senkfedern im Quadergebiet

2.10.14 *FedZyl*

Mit dem Kommando *FedZyl* werden Senkfedern in einem Zylindermantelgebiet generiert. Die Zylinderachse liegt entweder in globaler oder in lokaler Z-Richtung. Das Gebiet wird durch Radius, obere bzw. untere Z-Koordinaten auf Zylinderachse und über die Radiusdifferenz festgelegt. Jeder Knoten, der in diesem Gebiet gefunden wird, wird mit der spezifizierten Senkfeder gehalten. Die Senkfeder wird in der vorgegebenen Richtung $\vec{e}$ generiert. Zudem wird die vorgegebene Material- bzw. Querschnittsgruppennummer assoziiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: globales System)
Z_-	R	Minimale Z-Koordinate
Z_+	R	Maximale Z-Koordinate
R	R	Zylinderradius
$\vec{E}$	V	Richtungsvektor der Federwirkung
N_{MG}	I	Materialgruppennummer
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer
T_{Ele}	I	Elementtyp (Standard: 1 / Senkfeder)
ϵ_R	R	Dicke der Zylindergebietsschale

Tabelle 2.81: Senkfedern im Zylindergebiet

2.10.15 *FedZwiZyl*

Mit dem Kommando *FedZwiZyl* werden Senkfedern zwischen zwei konzentrischen Zylinderflächen generiert. Optional können radiale und/oder tangentiale Federn generiert werden. Die Zylinderflächen liegen stets in lokaler Z-Richtung orientiert. Bei der Generierung der Netze auf den Zylinderflächen ist darauf zu achten, dass die Knoten radial, im Rahmen der vorgegebenen Genauigkeit (ϵ_φ,ϵ_Z), auf einer Linie liegen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: globales System)
R_i	R	Innenradius (Radius des inneren Zylindermantels)
R_a	R	Außenradius (Radius des äußeren Zylindermantels)
N_{MG}	$\vec{I}$	Materialgruppennummer:
		Wert 1: Materialgruppe der Radialfeder
		Wert 2: Materialgruppe der Tangentialfeder
		Wert 3: Materialgruppe der Vertikalfeder
N_{QG}	$\vec{I}$	Querschnittsgruppennummer:
		Wert 1: Querschnittsgruppe der Radialfeder
		Wert 2: Querschnittsgruppe der Tangentialfeder
		Wert 3: Querschnittsgruppe der Vertikalfeder
ϵ_R	R	Genauigkeit in Radialrichtung
ϵ_φ	R	Genauigkeit in Winkelrichtung [°]
ϵ_Z	R	Genauigkeit in Vertikalrichtung
φ_-	R	Winkelbereich: Minimalwert
φ_+	R	Winkelbereich: Maximalwert
Z_-	R	Z-Bereich: Minimalwert
Z_+	R	Z-Bereich: Maximalwert
F_{Dir}	R	Skalierung der Wirkungsrichtung (Standard: 1.0)

Tabelle 2.82: Senkfedern zwischen Zylinderflächen

In nachfolgendem Beispiel (siehe Abbildungen 2.5 und 2.6), ein Modell eines Schraubengewindes mit Volumenelementen, wird der Kontakt der Schraube mit nichtlinearen Federn (Druckfedern) modelliert. Um das System statisch berechnen zu können, werden Tangentialfeder eingesetzt, die das Verdrehen der Schraube im Gewinde verhindern sollen.

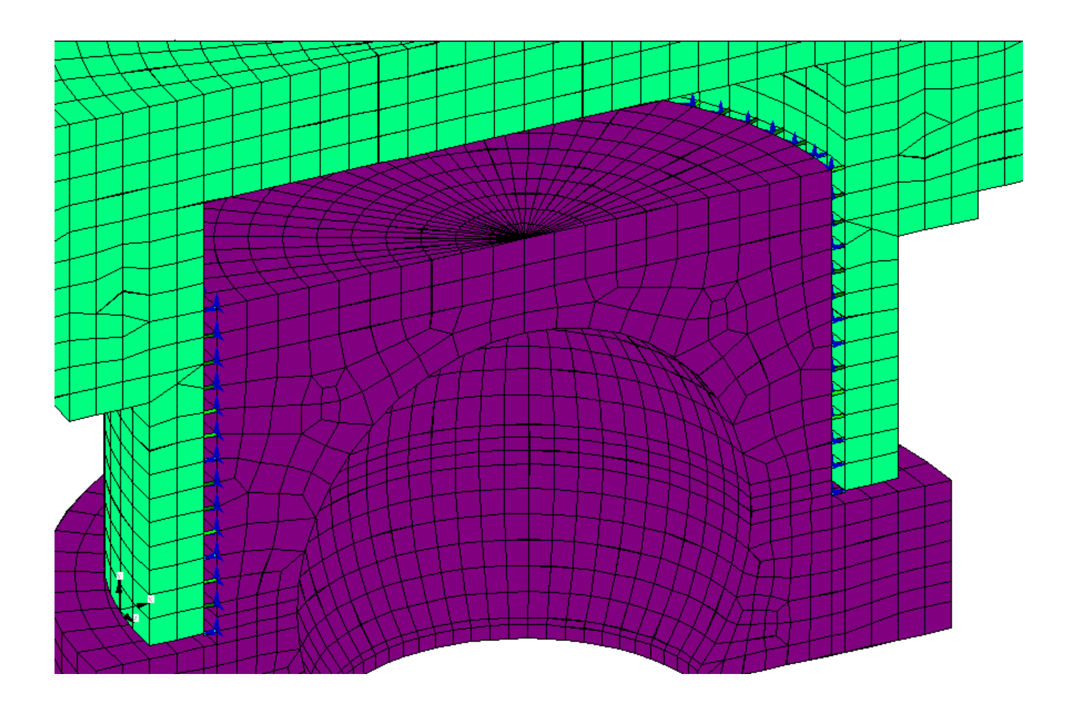


Abbildung 2.5: Modell eines Schraubengewindes

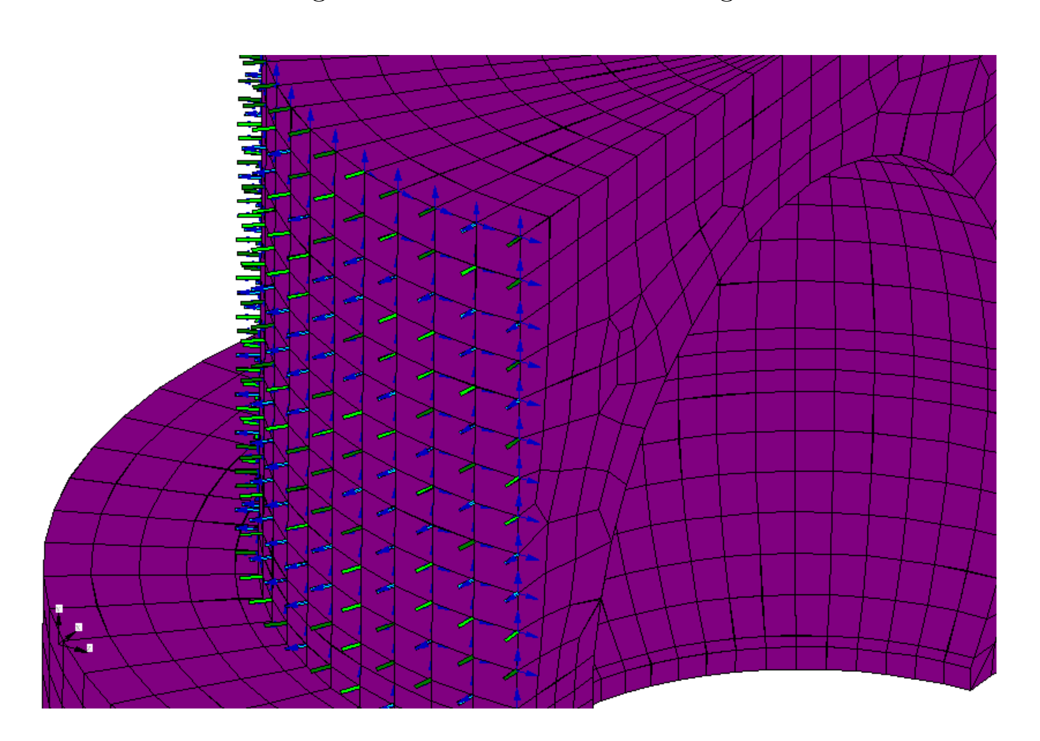


Abbildung 2.6: Modell eines Schraubengewindes, Federelemente

```
# Koordinatensystem Schraube oben (Teller-Huelse)
setksys 2 0.0 83.0 0.0   1.0 83.0 0.0    0.0 83.0 -1.0
# ---------------------------------------------
# Kontaktfedern Gewinde Huelse/oberer Teller
# ---------------------------------------------
#         KS   R1 - R2  ----- MG ---- QG  EpsR -EpsP -EpsZ -------- WB   ------- HB Dir
fedzwizyl  2 11.5 12.0   8 17 18 53 54 55 0.10 0.045  0.10 -180. +180.   -12.0  0.0 1.0
```

2.10.16 *FedZwiKug*

Mit dem Kommando *FedZwiKug* werden Senkfedern zwischen zwei konzentrischen Kugelschalen generiert. Optional können radiale und/oder tangentiale Federn generiert werden. Die Kugelschalen liegen stets im Ursprung des lokaler Koordinatensystems. Bei der Generierung der Netze auf den Kugelschalen ist darauf zu achten, dass die Knoten radial, im Rahmen der vorgegebenen Genauigkeit (ϵ_φ,ϵ_θ), auf einer Linie liegen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: globales System)
R_i	R	Innenradius (Radius der Kugelinnenschale)
R_a	R	Außenradius (Radius der Kugelaußenschale)
N_{MG}	$\vec{I}$	Materialgruppennummer:
		Wert 1: Materialgruppe der Radialfeder
		Wert 2: Materialgruppe der Tangentialfeder
		Wert 3: Materialgruppe der Vertikalfeder
N_{QG}	$\vec{I}$	Querschnittsgruppennummer:
		Wert 1: Querschnittsgruppe der Radialfeder
		Wert 2: Querschnittsgruppe der Tangentialfeder
		Wert 3: Querschnittsgruppe der Vertikalfeder
ϵ_R	R	Genauigkeit in Radialrichtung
ϵ_φ	R	Genauigkeit in φ-Winkelrichtung [°]
ϵ_θ	R	Genauigkeit in θ-Winkelrichtung [°]
φ_-	R	φ-Winkelbereich: Minimalwert
φ_+	R	φ-Winkelbereich: Maximalwert
θ_-	R	θ-Winkelbereich: Minimalwert
θ_+	R	θ-Winkelbereich: Maximalwert
F_{Dir}	R	Skalierung der Wirkungsrichtung (Standard: 1.0)

Tabelle 2.83: Senkfedern zwischen Kugelschalen

In nachfolgendem Beispiel (siehe Abbildungen 2.7 und 2.8), ein Modell eines Kugelgelenks mit Volumenelementen, wird der Kontakt der Kugel mit nichtlinearen Federn (Druckfedern) modelliert. Um das System statisch berechnen zu können, werden Tangentialfeder eingesetzt, die das Verdrehen der Kugel im Gelenk verhindern sollen.

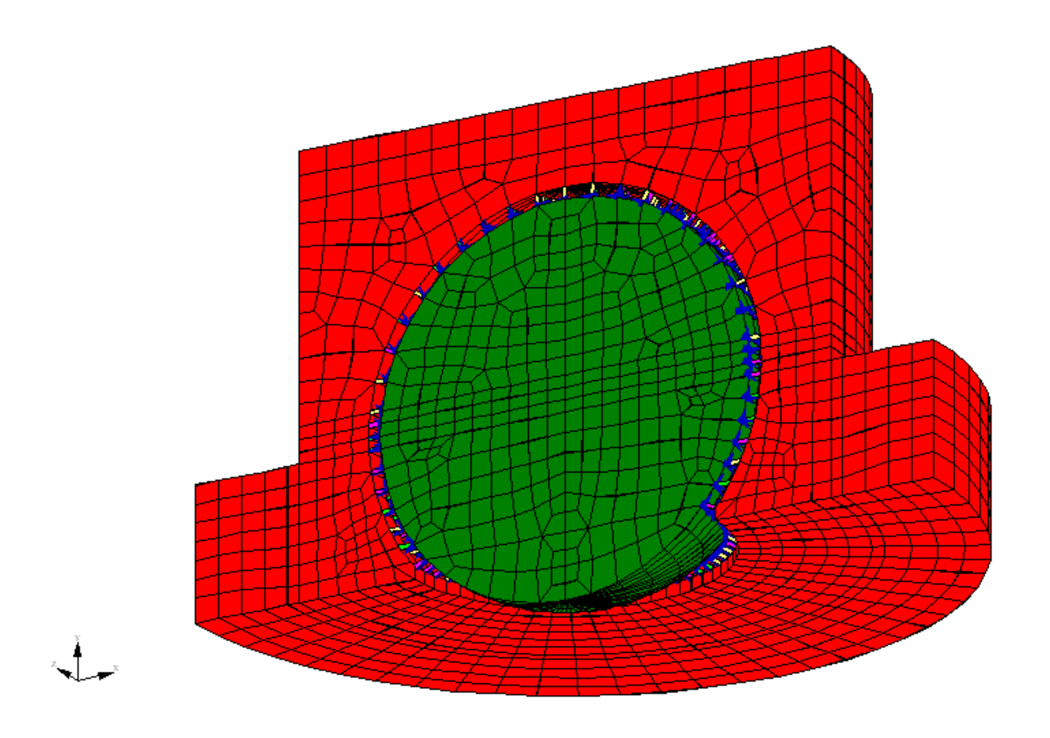


Abbildung 2.7: Modell eines Kugelgelenks

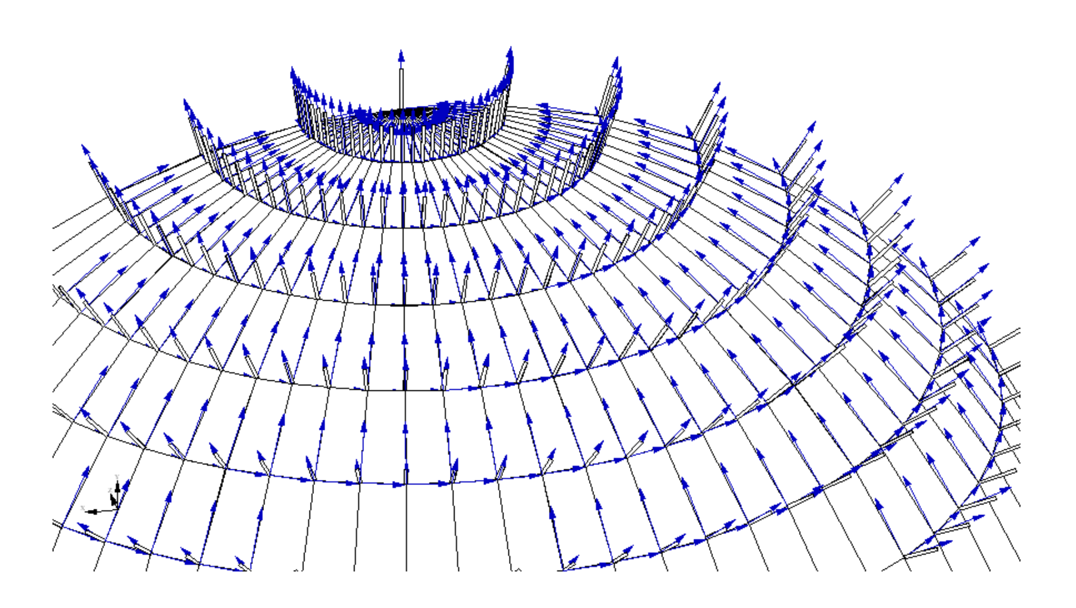


Abbildung 2.8: Modell eines Kugelgelenks, Federelemente

```
# Koordinatensystem Kugelgelenk
setksys 1 0.0 71.0 0.0    1.0 71.0 0.0    0.0 71.0 -1.0
# ------------------------------------------
# Kontaktfedern Gelenk
# ------------------------------------------
#         KS   R1 - R2   ----- MG -----  QG EpsR -EpsP -EpsT WB-PHI--+PHI--Teta-+Teta  Dir
fedzwikug  1  8.0  8.5    7  0   0 50  0   0 0.05 0.045 0.045   -180. +180   -50.  +90. 1.5
fedzwikug  1  8.0  8.5    0 15 16   0 51 52 0.05 0.045 0.045   -180. +180   -50.  +85. 1.5
```

2.10.17 *FedPkt*

Mit dem Kommando *FedPkt* wird eine Senkfeder an einem Punkt generiert. Es wird vorausgesetzt, dass sich im Fanggebiet um diesen Punkt ein Knoten des Systems befindet.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X}$	V	Punkt, an dem die Senkfeder angreifen soll.
ϵ	R	Fangradius (Fanggenauigkeit).
$\vec{E}$	V	Richtungsvektor der Federwirkung.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
N_{Typ}	I	Elementtyp: Standard 1.
N_{KSys}	I	Nummer des Koordinatensystems (0: global).

Tabelle 2.84: Senkfedern in einem Punkt

2.10.18 *FedLin*

Mit dem Kommando *FedLin* werden Senkfedern auf einer Linie generiert. Der Linienpunkt liegt im Koordinatenursprung des lokalen Koordinatensystems N_{KSys}.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des Koordinatensystems (0: global).
L_+	R	Abstand in +-Richtung.
L_-	R	Abstand in −-Richtung.
ϵ_{Fang}	R	Fangradius für Knotenfang.
$\vec{E}$	V	Richtungsvektor der Federwirkung.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.

Tabelle 2.85: Senkfedern auf einer Linie

2.10.19 *FedCir*

Mit dem Kommando *FedCir* werden Senkfedern auf einem Kreisgebiet bzw. auf einem Kreisring generiert. Der Kreis bzw. der Kreisring liegt in der X-Y-Ebene des festgelegten lokalen Koordinatensystems. Es kann zwischen Translations- und Rotationsfedern gewählt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
R_i	R	Innenradius ($R_i = 0 \Rightarrow$ Vollkreis).
R_a	R	Außenradius.
ϵ_{Fang}	R	Fangradius für Knotenfang.
$\vec{E}$	V	Richtungsvektor der Federwirkung:
		(zylindirsch: $\vec{E}_r$, $\vec{E}_\varphi$,$\vec{E}_z$)
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
K_{Typ}	I	Kenner für Federtyp (0: Translation / 1: Rotation).

Tabelle 2.86: Senkfedern auf Kreisgebiet

2.10.20 *KopEQuad*

Mit dem Kommando *KopEQuad* werden Strukturteile mit Koppelfedern verbunden. Über die Vorgabe eines Quadergebiets (siehe Abschnitt 1.7) sowie über die optionale Vorgabe eines Querschnittsgruppenintervalls, sowie einer Filterung mit dem Kommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1 wird das Strukturgebiet ausgewählt, von dem ausgehend Federelemente gebildet werden sollen. Für jeden gefundenen Ausgangsknoten wird in positiver lokaler z-Richtung ein Knoten mit dem vorgegebenen Abstand A_Z gesucht. Ausgangs- und Zielknoten werden mit einem Federelement verbunden.

Beim Einsatz dieses Kommandos ist darauf zu achten, dass jeder gewünschte Ausgangsknoten bei vorgegebener Genauigkeit einen entsprechenden Zielknoten unter vorgegebenem Abstand erhält. Wird kein Zielknoten im Rahmen der vorgegebenen Genauigkeit gefunden, so wird kein Element generiert.

Die Koppelfederrichtung kann beliebig vorgegeben werden. Die Suchrichtung des Zielknoten erfolgt in positiver Z-Richtung (global oder lokal). Wird ein lokales Koordinatensystem vorgegeben, beziehen sich *alle* Geometrieeingaben auf dieses.

Wahlweise können Gebiete mit diesem Kommando auch mit Balken- oder Stabelementen verknüpft werden.

Bemerkung zur Sortierung:
Zunächst wird nach kleinstem Abstand in der $x-y$-Ebene sortiert, um alle Knoten in z-Suchrichtung herauszufiltern. Knoten mit einem Ebenen-Abstand $\rho < \epsilon_3$ werden in z-Richtung absteigend sortiert.

Zunächst ist demnach mit einem Quadergebiet bei optionaler Elementfilterung ein Ebenenstück zu selektieren. Der Suchraum für die zu verbindenden Knoten wird in z-Richtung um den vorgegebenen Abstand A_z vergrößert, sodass in diesem zweiten Suchraum neben den Ausgangsknoten auch die Zielknoten zu finden sind. Zielknoten haben somit den maximalen Abstand von den Ausgangsknoten des Suchraums.

In nachfolgendem Beispiel wird eine dicke Halteplatte in ein Wandblech mit Exzentrizität über steife Balkenelemente eingebunden (siehe Abbildungen 2.9 und 2.10).

```
# Koppeln von Grundplatte und Kesselwand mit Balken
# - Elementfilter
SetEleSel 2 5-6;
# horzonatele Vebindungen
#        KS Ursprung     Delta X  Delta Y   DeltaZ   Typ  Qa Qe Mg Qg DelZ
kopequad  0 300.  410. 4.  1. 601.  1. 1.    0.1 0.1  111   0  0 11 51  4.   0.1 0.1 0.1  0 0. 4. 0.
kopequad  0 300. -610. 4.  1. 601.  1. 1.    0.1 0.1  111   0  0 11 51  4.   0.1 0.1 0.1  0 0. 4. 0.

# vertikale Vebindungen
#        KS Ursprung     Delta X  Delta Y   DeltaZ   Typ  Qa Qe Mg Qg DelZ
kopequad  0 +300.  400. 4.  1. 1.  1. 1000.  0.1 0.1  111   0  0 11 51  4.   0.1 0.1 0.1  0 0. 4. 0.
kopequad  0 -300.  400. 4.  1. 1.  1. 1000.  0.1 0.1  111   0  0 11 51  4.   0.1 0.1 0.1  0 0. 4. 0.
```

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
QG	Q	Quadergebiet für Selektion der Startknoten.
E_{Typ}	I	Elementtyp (siehe *B&B*-Benutzerhandbuch).
Q_{von}	I	Filter: Anfangsquerschnittsgruppennummer der zu verbindenden Elemente (0:Vorgabe wird ignoriert).
Q_{Ziel}	I	Filter: Querschnittsgruppe der Zielknoten, zu verbindenden Elemente (0:Alle Knoten berücksichtigen).
$M_{f,von}$	I	Materialgruppennummer der generierten Feder.
$Q_{f,bis}$	I	Querschnittsgruppennummer der generierten Feder.
Del_Z	R	Z-Abstand der zu verbindenden Knoten.
ϵ_1	R	Genauigkeit des Verbindungsabstandes (z-Richtung).
ϵ_2	R	Genauigkeit der Verbindungsrichtung (Abstand in $x - y$-Ebene).
ϵ_3	R	Genauigkeit der Knotennachsortierung.
K_{Flag}	I	Kennerfeld:
		0: keine Kennergesetzt.
		1: erstes Bit gesetzt: Flächenmittel.
$\vec{E}$	V	Richtungsvektor der Federwirkung.

Tabelle 2.87: Verbinden von Strukturen mit 1d-Elementen

```
# Koppeln von Gurt und Board mit Balken
# vertikale Vebindungen
#        KS Ursprung          Delta X  Delta Y   DeltaZ  Typ  Qa Qe Mg Qg  DelZ
kopequad  0 +300.  430. 107.5  1. 601.  1. 1.    0.1 0.1  111   0  0 11 52  17.5   0.1 0.1 0.1  0 0. 1. 0.
```

Die Abbildungen 2.9 und 2.10 zeigen die mit Balkenelementen exzentrisch eingebundene Platte (hellbau). Die Balkenelemente verbinden die übereinander liegenden Knotenreihen.

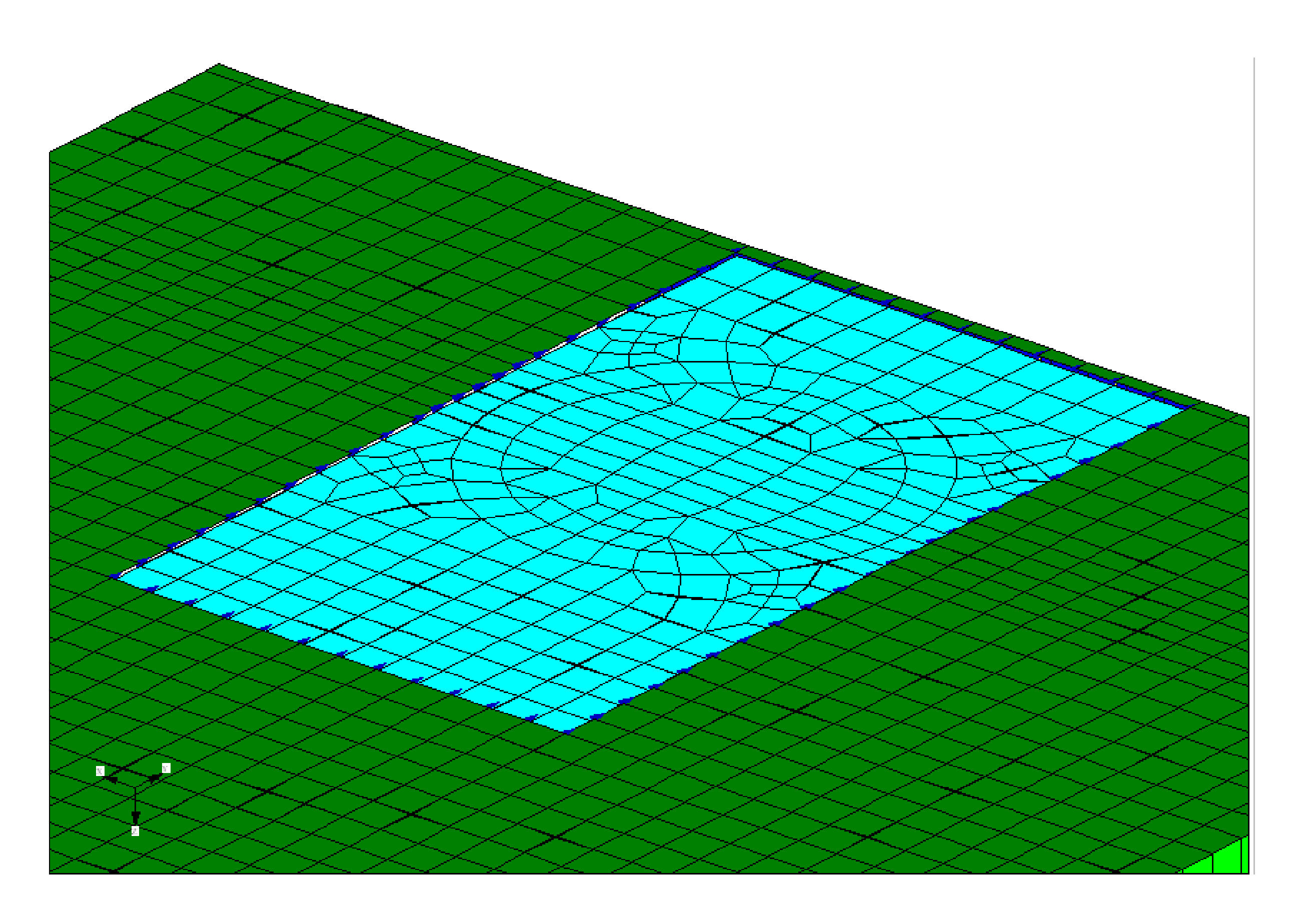


Abbildung 2.9: Exzentrisch einzubindende Platte über Balkenelemente

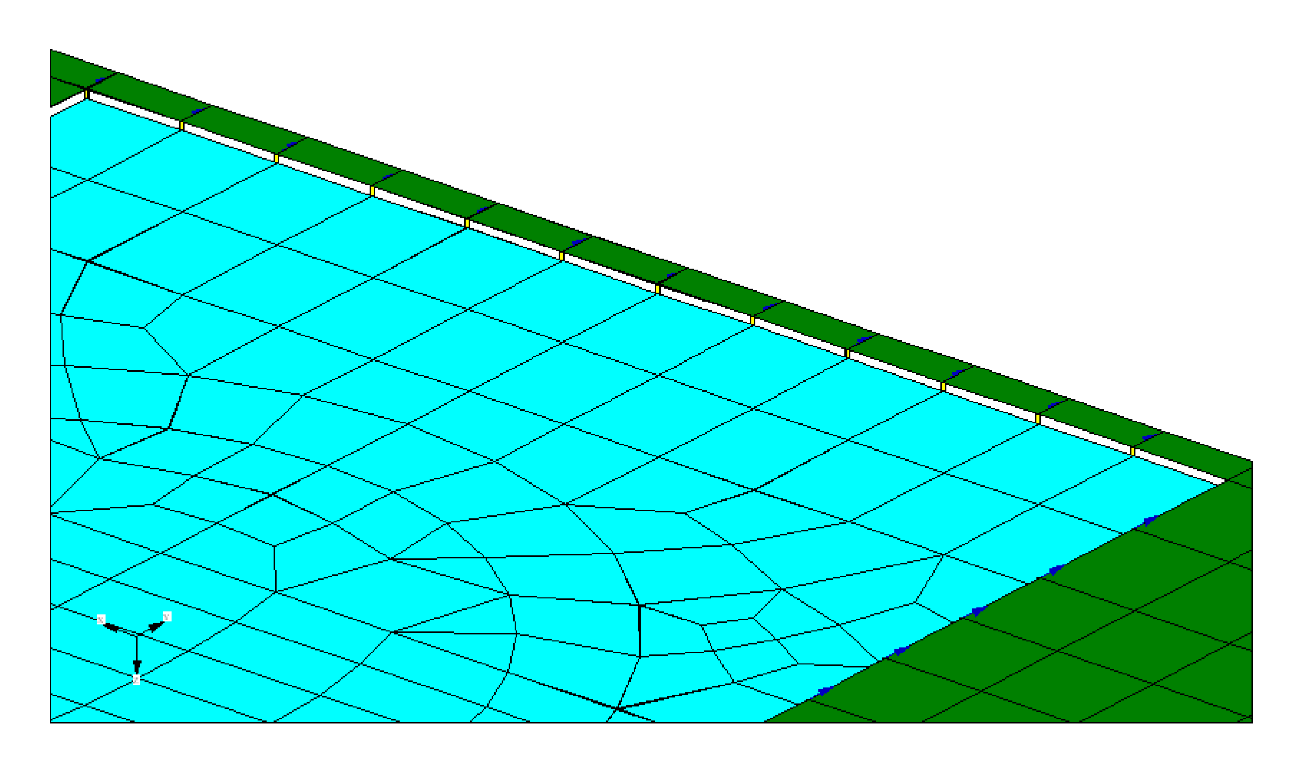


Abbildung 2.10: Exzentrisch einzubindende Platte über Balkenelemente (Detail)

2.10.21 *GenCir*

Mit dem Kommando *GenCir* werden Stabaelemente auf der Linie eines Kreises bzw. Kreisbogens generiert. Diese Elemente können als Ausgangspunkt für die Generierung von Zylinderschalen verwendet werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
R	R	Radius der zu generierenden Kreislinie.
z	R	Z-Koordinate der Höhe.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
N_{inc}	I	Inkrementierung. Elementanzahl auf Kreis bzw. Bogen.
α_u	R	untere Grenze des Winkelintervalls (in [°]), optional.
α_o	R	obere Grenze des Winkelintervalls (in [°]), optional.
K_{El}	I	Elementtyp (Standard: 101), optional.

Tabelle 2.88: Generieren eines Kreises

Beispiel:
In nachfolgendem Beispiel werden 3 Kreisbögen generiert. Kreisbogen 1 (Vollkreis) und Kreisbogen 2 werden im globalen, Kreisbogen 3 in einem lokalen Koordinatensystem eingegeben. Das Resultat des nachfolgenden Skripts wird in Abbildung **??** dargestellt.

```
# Kreisbogen 1
#      KS   R    Z  MG QG InC
GenCir  0  10.  0.  1 10  60

# Kreisbogen 2
#      KS   R    Z  MG QG InC  A1   A2
GenCir  0  10. 10.  2 11  30  90. 270.

# Koordinantensystem setzen
SetKSys 1  0. 0. 0.   0. 0. 1.   0. 1. 0.

# Kreisbogen 3
#      KS   R    Z  MG QG InC
GenCir  1  10.  0.  3 12  60

# Schreiben
Write Test-Lin.ein
```

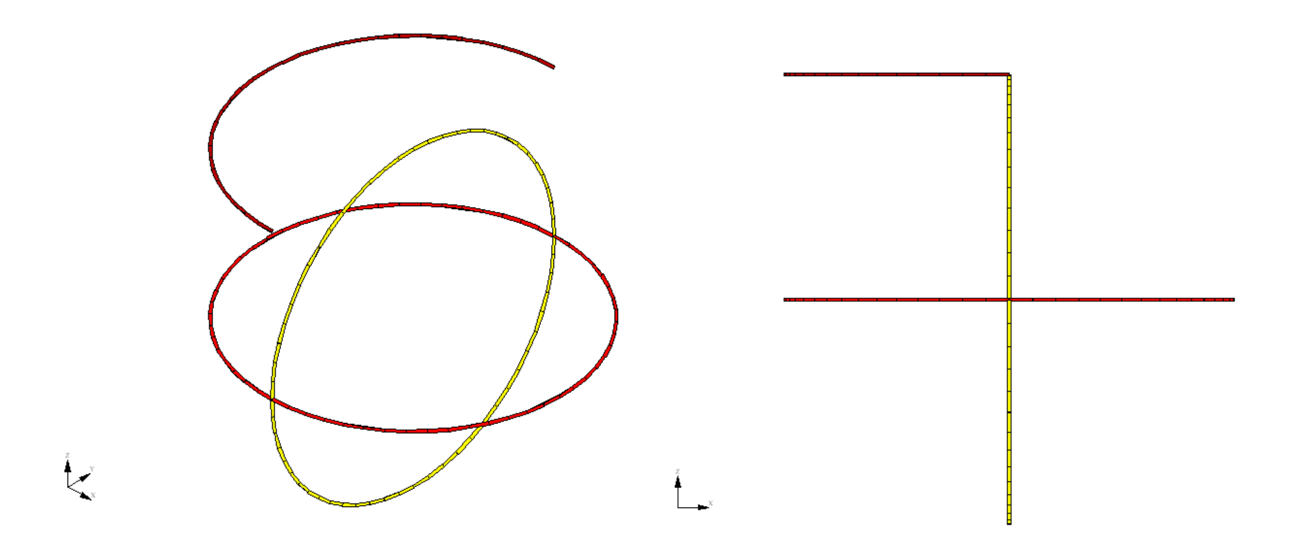


Abbildung 2.11: Stabzüge als Kreise und Kreisbögen

2.10.22 *GenLin*

Mit dem Kommando *GenLin* werden Stabelemente auf der Linie generiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
$\vec{X}_A$	R	Koordinaten des Startpunktes A.
$\vec{X}_B$	R	Koordinaten des Zielpunktes B.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
N_{inc}	I	Inkrementierung. Elementanzahl auf Kreis bzw. Bogen.
K_{El}	I	Elementtyp (Standard: 101), optional.

Tabelle 2.89: Generieren einer Linie

2.10.23 *Gen4MFla2*

Mit dem Kommando *Gen4MFla2* wird in einem lokalen Koordinatensystem ein Flächennetz generiert. Die Inkrementierung auf gegenüberliegenden Seiten ist identisch (*Map-Meshing*). Die vier Koordinatenwerte sind mit (x, y)-Wertepaaren vorzugeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
$\vec{X}_1$	R	x, y-Wert des 1. Punktes.
$\vec{X}_2$	R	x, y-Wert des 2. Punktes.
$\vec{X}_3$	R	x, y-Wert des 3. Punktes.
$\vec{X}_4$	R	x, y-Wert des 4. Punktes.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
$N_{inc,13}$	I	Minimale Inkrementierung auf Seite 1 bzw. 3.
$N_{inc,24}$	I	Minimale Inkrementierung auf Seite 2 bzw. 4.
K_{El}	I	Elementtyp (Standard: 215), optional.
$L_{El,13}$	R	Maximale Elementkantenlänge auf Seite 1 bzw. 3, optional.
$L_{El,24}$	R	Maximale Elementkantenlänge auf Seite 2 bzw. 4, optional.

Tabelle 2.90: Ebenes Flächennetz generieren

Werden keine maximalen Elementkantenlängen eingegeben, so werden die vorgegebenen Kanteninkremente zur Vernetzung herangezogen. Bei Vorgabe der Elementkantenlängen, werden aus diesen die Kanteninkremente ermittelt. In die Vernetzung geht das Maximum aus minimler Inkrementierung und der wie beschrieben ermittelten Kanteninkrementierung ein.

Beispiel:
In nachfolgendem Beispiel wird in einem lokalen Koordinatensystem, in der $X-Z$-Ebene des globalen Koordinatensystems, ein Steifenblech generiert. Das Resultat wird in Abbildung 2.12 dargestellt.

```
SetKSys 1 0. 0. 0.   1. 0. 0.  0. 0. 1.
#        Ks  - Pkt 1 -  - Pkt 2 -    --- Pkt 3 -- --- Pkt 4 --  MG QG I1 I2 ETyp
Gen4MFla2 1  556.0  0.  898.0  0.    814.0  732.5 556.0  732.5   4 23  5 10  215
```

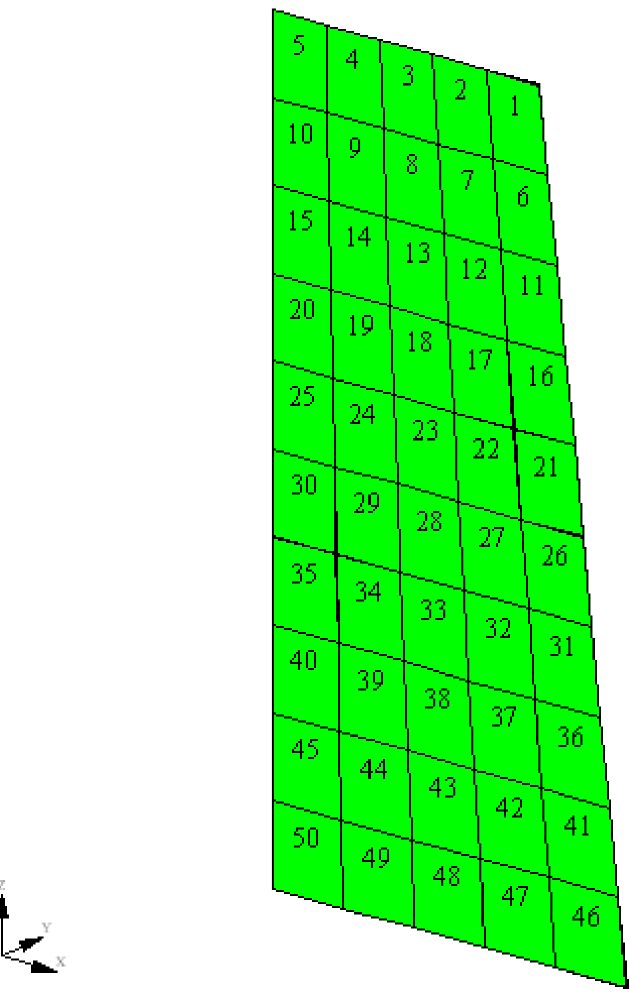


Abbildung 2.12: Ebene Flächen mit *Map-Meshing*

2.10.24 *Gen4MFla2LochT1*

Mit dem Kommando *Gen4MFla2LochT1* wird in einem lokalen Koordinatensystem ein Flächennetz generiert. Das Flächennetz erhält an einem vorgegebenen Punkt ein kreisförmiges Netz. Das Loch muß vollständig im Gebiet liegen. Die Vernetzung erfolgt sternförmig. Die Inkrementierung auf gegenüberliegenden Seiten ist identisch (*Map-Meshing*). Die vier Koordinatenwerte sind mit (x, y)-Wertepaaren vorzugeben. Standardmäßig wird nach der Vernetzung eine Netzglättung vorgenommen.

Wahlweise kann um das Loch ein Randbereich definiert werden, der eine eigene Material- bzw. Querschnittsgruppe erhält. Knoten auf dem dieses Randbereichs sowie Knoten auf Loch- und Gebietsrand sind von der Netzglättung ausgeschlossen und behalten ihre ursprüngliche goemtrische Position.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
$\vec{X}_1$	R	x, y-Wert des 1. Punktes.
$\vec{X}_2$	R	x, y-Wert des 2. Punktes.
$\vec{X}_3$	R	x, y-Wert des 3. Punktes.
$\vec{X}_4$	R	x, y-Wert des 4. Punktes.
$\vec{R}$	R	x, y-Wert des Lochmittelpunktes.
R_i	R	Lochradius.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer des Gebiets.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer des Gebiets.
$N_{inc,13}$	I	Minimale Inkrementierung auf Seite 1 bzw. 3.
$N_{inc,24}$	I	Minimale Inkrementierung auf Seite 2 bzw. 4.
$N_{inc,R}$	I	Inkrementierung zwischen Randknoten und Lochmittelpunkt.
K_{El}	I	Elementtyp (Standard: 215), optional.
$L_{El,13}$	R	Maximale Elementkantenlänge auf Seite 1 bzw. 3, optional.
$L_{El,24}$	R	Maximale Elementkantenlänge auf Seite 2 bzw. 4, optional.
R_a	R	äußerer Radius des Lochrandgebiets (z.B. für Einspannung).
$N_{inc,Ra}$	I	Inkrementierung zwischen Lochgebietsaußenrand und Lochrand.
$N_{MG,g}$	I	Materialgruppennummer des Lochrand-Gebiets.
$N_{QG,g}$	I	Querschnittsgruppennummer des Lochrand-Gebiets.

Tabelle 2.91: Ebenes Flächennetz mit kreisförmigem Loch generieren

Beispiel:
In nachfolgendem Beispiel werden über lokale Koordinatensysteme gesteuert 4 Gebiete mit Loch generiert. Zwei dieser Gebiete erhalten ein definiertes Lochrand-Gebiet (gelbe Elemente). Das Skript verwendet zur Generierung den LUA-Prozessor. Der Teil der Belegung der Geometrievariablen wird nicht dargestellt. An den Diagonalschnitten ist zu erkennen, dass der Glätter die Knoten auf eine abgerundete Linie zieht.

```
lua>
..

-- Materialdaten
r,s = btlcmd("SetNDA",30,0,1,70000,0.22,25.e-6)
r,s = btlcmd("SetNDA",30,0,3,70000,0.22,25.e-6)

-- Querschnittsdaten
r,s = btlcmd("SetNDA",31,0,1,t)
r,s = btlcmd("SetNDA",31,0,3,t)

-- Generieren der Elemente
for i=0,1,1 do
    for j=0,1,1 do
        dx=i*lgx
        dy=j*lgy
        r,s = btlcmd("SetKSys",1,
              x0+dx,y0+dy,0.,  x0+dx+10., y0+dy,0., x0+dx, y0+dy+10.,0.)
        if i+j == 1 then
         r,s = btlcmd("Gen4MFla2LochT1",1,
             0.,0., lgx,0., lgx,lgy, 0.,lgy, lgx/2., lgy/2., R,
             1,1,1,1,IncR, ety, lmx, lmx)
        else
         r,s = btlcmd("Gen4MFla2LochT1",1,
             0.,0., lgx,0., lgx,lgy, 0.,lgy, lgx/2., lgy/2., R,
             1,1,1,1,IncR, ety, lmx, lmx,2*R, 4, 3, 3)
        end
    end
end
r,s = btlcmd("connect",0.01,0.01)

...
<aul
```

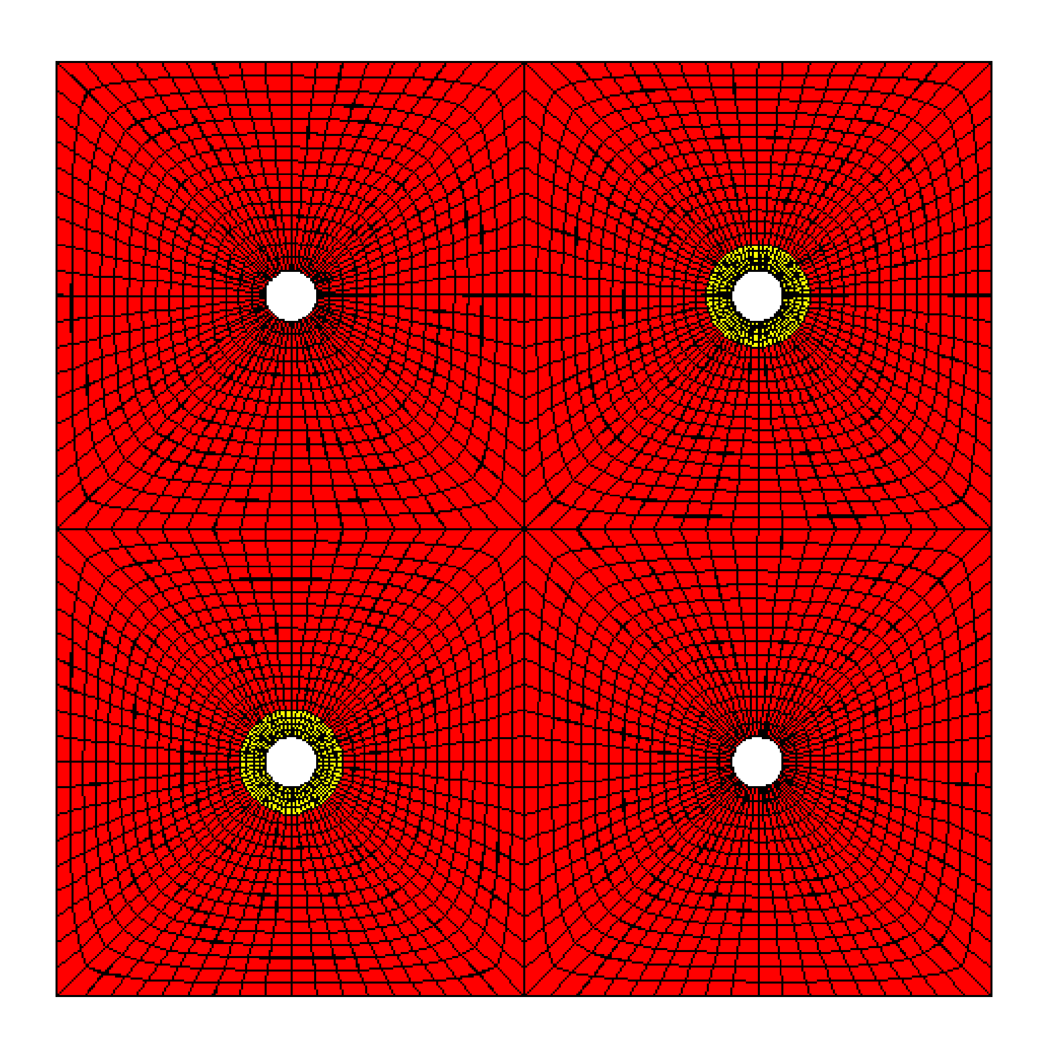


Abbildung 2.13: Ebene Flächen mit *Map-Meshing* und Loch Typ 1

2.10.25 *GenEle4Con*

Mit dem Kommando *GenEle4Kon* wird in einem lokalen Koordinatensystem ein Flächennetz auf einer Konus-Fläche generiert. Die Inkrementierung auf *gegenüberliegenden* Seiten ist identisch (*Map-Meshing*). Die Konus-Fläche liegt achsensymmetrisch bezüglich der lokalen z-Achse. Als Parameter werden der Radius *unten*, die Höhe und der Winkel bzw. die Konsusseitenlänge und der Winkel vorgegeben. Feste Netzlinien können über Fixpunkt-Vektoren vertikal und in Umfangrichtung berücksichtig werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
R	R	Radius bei minimalem Z-Wert (Startwert).
H_u	R	Höhe unten (projiziert) oder Konusseitenlänge.
H_o	R	Höhe oben (projiziert) oder Konusseitenlänge.
ϕ	R	Konusöffnungswinkel:
		$\phi = 0$: Zylinder
		$\phi > 0$: Konus mit Spitze oben.
		$\phi < 0$: Konus mit Spitze unten.
Ken	I	Kenner:
		0: Vorgabe der Konushöhe (auf Vertikale projiziert).
		1: Vorgabe der Konusseitenlänge für Kreisringe.
N_{MG}	I	Materialgruppennummer.
N_{QG}	I	Querschnittsgruppennummer.
$N_{inc,R}$	I	Minimale Inkrementierung in Umfangrichtung.
$N_{inc,Z}$	I	Minimale Inkrementierung in Vertikalrichtung.
K_{El}	I	Elementtyp (Standard: 215), optional.
$L_{El,R}$	R	Maximale Elementkantenlänge in Umfangrichtung.
$L_{El,Z}$	R	Maximale Elementkantenlänge in Höhenrichtung.
F_R	I	Fixpunktvektor in Umfangrichtung (0: nicht vorhanden).
F_H	I	Fixpunktvektor in Höhenrichtung (0: nicht vorhanden).

Tabelle 2.92: Flächennetz auf Konusfläche

2.10.26 *RotCopyEl*

Mit dem Kommando *RotCopyEl* werden über *SetEleSel* ausgewählte Elemente in einer polaren Anordnung kopiert. Das Kopieren erfolgt stets um die Z-Achse des vorgegebenen lokalen Koordinatensystems.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
α	R	Winkelbereich: $[0, \alpha]$
N_{Anz}	I	Anzahl der Objekte (Original + Kopien).

Tabelle 2.93: Polare Anordung von Elementen

Beispiel:
In nachfolgendem Beispiel wird das im Abschnitt 2.10.23 generierte Blech aufgegriffen und im globalen Koordinatensystem in einer 16-fachen polaren Anordnung im Gesamtwinkelbereich kopiert. Das Ergebnis wird in Abbildung 2.14 dargestellt.

```
SetKSys 1 0. 0. 0.   1. 0. 0.  0. 0. 1.
#        Ks   - Pkt 1 -  - Pkt 2 -    --- Pkt 3 -- --- Pkt 4 --  MG QG I1 I2 ETyp
Gen4MFla2 1  556.0  0.  898.0  0.    814.0  732.5 556.0  732.5   4 23  5 10  215
SetEleSel 2 23;
RotCopyEl 0 360 16
```

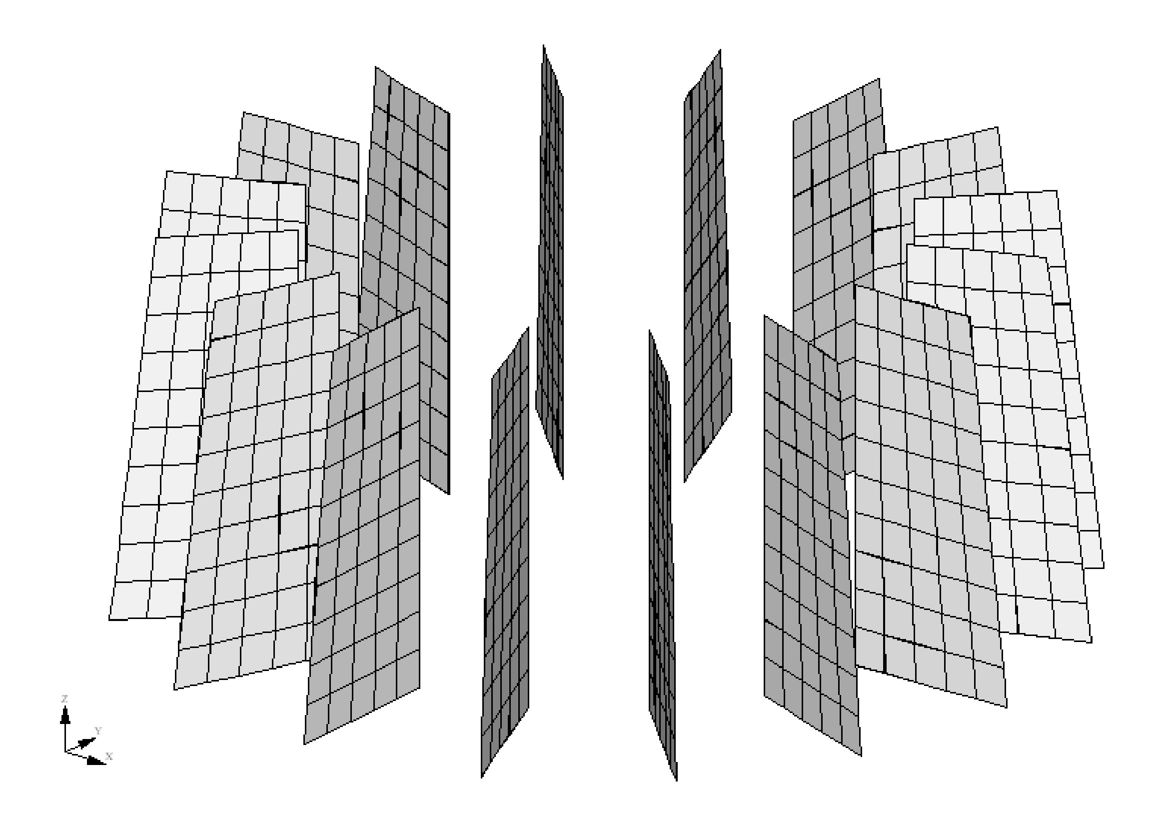


Abbildung 2.14: Polare Anordnung eines Steifenblechs

2.10.27 *SeilZug*

Mit dem Kommando *SeilZug* werden Knoten in einem Kreisbogengebiet gefangen. Zu diesen Knoten werden radiale Fachwerkstäbe generiert, die an ihren Enden mit tangentialen Fachwerkstäben verbunden werden. Diese Elemente können als Startkonstruktion für einen Seilaufhänung herangezogen werden. An den Bogenenden kann eine Seilkraft vorgegeben werden.

Bei der Festlegung des Koordinatensystems (siehe Abschnitt 2.6.1) ist darauf zu achten, dass der Schnitt (d.h. $\varphi_v, \varphi_b \in [-180°, +180°]$) nicht im vorgegebenen Winkelbereich liegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
R_B	R	Radius des Bogens.
ΔR_B	R	Radiusdifferenz zwischen äußerem und Bogenknoten.
φ_v	R	Startbogenwinkel in [°].
φ_b	R	Endbogenwinkel in [°].
$M_{G,R}$	I	Materialgruppennummer der Radialstäbe.
$Q_{G,R}$	I	Querschnittsgruppennummer der Radialstäbe.
$M_{G,T}$	I	Materialgruppennummer der Tangentialstäbe.
$Q_{G,T}$	I	Querschnittsgruppennummer der Tangentialstäbe.
N_{Lf}	I	Lastfallnummer der Seillasten.
P	R	Seilkraft.
Optionale Argumente		
ϵ	R	Fanggenauigkeit (Standard: 0.1).
M_{G,R_m}	I	Materialgruppennr. des mittleren Radialstabes (Std.: $M_{G,R}$).
Q_{G,R_m}	I	Querschnittsgruppennr. des mittleren Radialstabes (Std.: $Q_{G,R}$).

Tabelle 2.94: Seilzug-Makro

Beispiel:

In nachfolgendem Beispiel wird ein Seilzug im Winkelbereich 180 Grad um einen Zylinder gelegt (siehe Abbildung 2.21). Anschließend werden die generierten Fachwerkstabelemente der *Speichen* mit *Stb2Fed1* (siehe Abschnitt **??**) in Federelemente konvertiert.

Zunächst wird mit *SetKSys* (siehe Abschnitt 2.6.1) die Schnittebene des Zylinders mit einem lokalen Koordinatensystem beschrieben. In diesem Koordinatensystem werden dann die Fachwerkstäbe mit *SeilZug* generiert. Mit *Stb2Fed1* werden sodann die Feinheiten der Anbindung Seil-Zylinder modelliert.

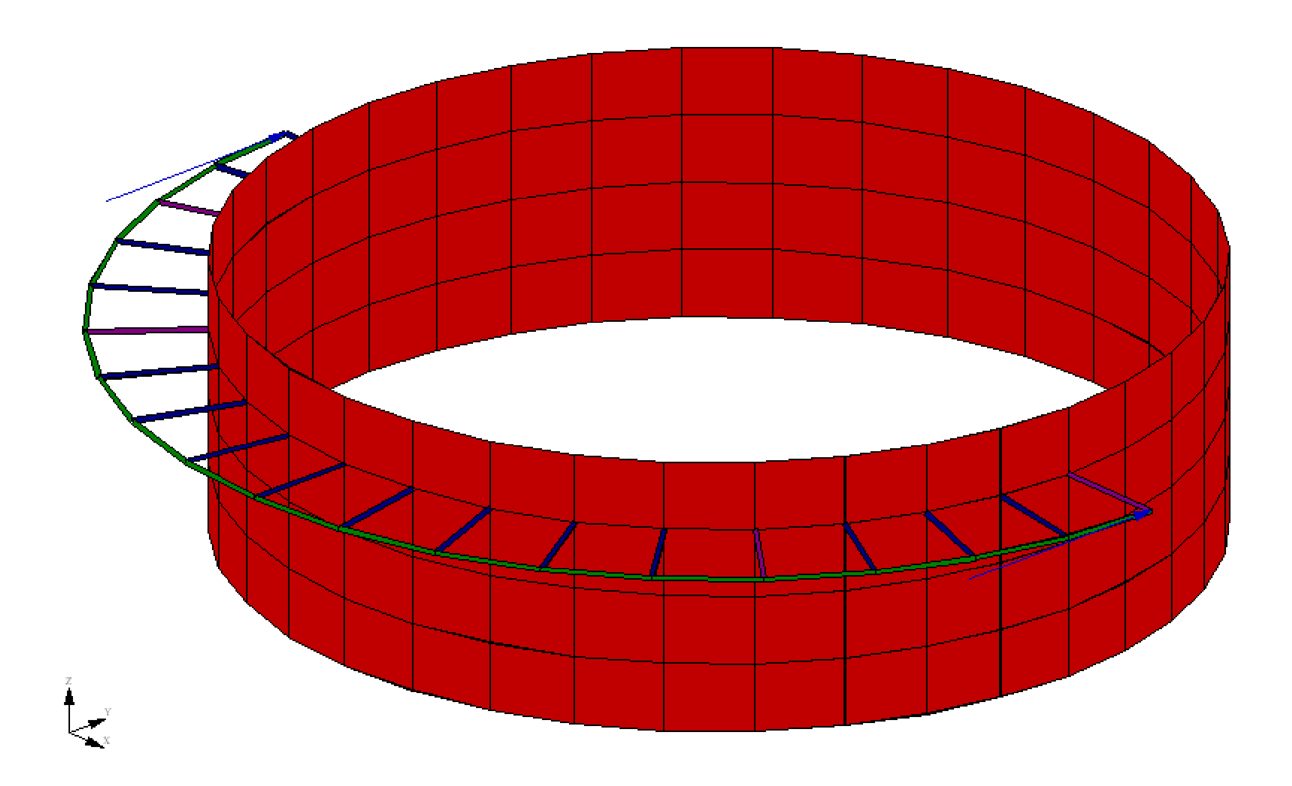


Abbildung 2.15: Generierung eines Seilzug-Makros

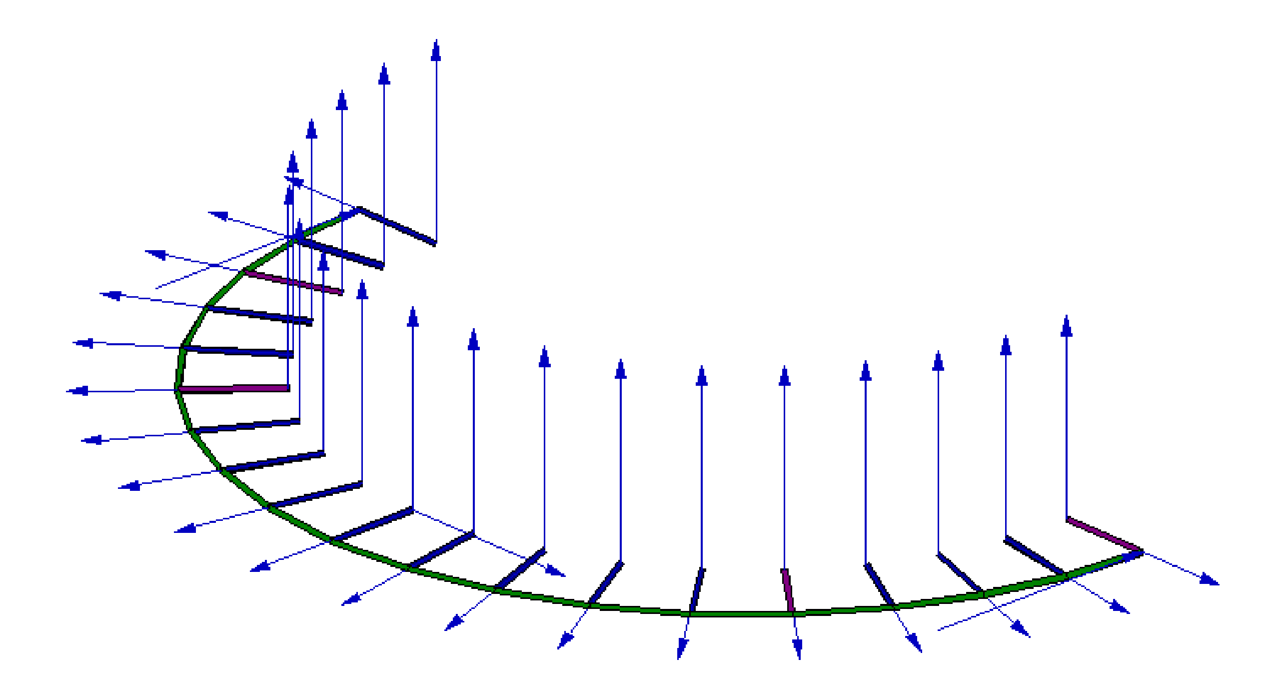


Abbildung 2.16: Seilzugspeichen in Federelente konvertiert

Steuerdatei:

In nachfolgendem Auszug der Steuerdatei zum Beispiel werden die wesentlichen Anweisungen dargestellt.

```
# Seilzug-Makro vertikal (0 Grad) erstellen
# - Koordinatensystem im Zylinderzentrum
SetKSys 1   0. -12.5 215.    0.  -22.5  215.   +10. -12.5 215.

#       KS  R      Del-R  Phi1 Phi2   MG1 QG1 MG2 QG2  Lf  P    eps  MG3 QG3
SeilZug 1  208.5    50.   -90. 90.   101 101 102 102   1  1000.  1.  103 103

# Generierung der Federn zwischen Seil und Zylinder
#        KS Typ Mode  MG  QG  Dir
SetEleSel -1
stb2fed1  0  0   1    121 121  0   1. 0. 0.  2  101;103;   2.0   0  0. 0. 0.
stb2fed1  0  2   0    122 122  4   0. 0. 1.  2  101;       2.0   0  0. 0. 0.
stb2fed1  0  2   1    122 122  4   0. 0. 1.  2  103;       2.0   0  0. 0. 0.
stb2fed1  0  2   0    123 123  1   1. 0. 0.  2  103;       2.0   0  0. 0. 0.
```

2.10.28 *GenBal3d*

Mit dem Kommando *GenBal3d* werden Balkenzüge entlang einer Linie generiert. Es werden die Start- und Endkoordinaten bzw. die Koordinaten der lokalen 2-Richtung (analog der Definition eines *B&B*-Balkenelements) festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
T_{KSys}	I	Typ des Koordinatensystems
		0: karthesische Koordinateneingabe
		1: zylindrische Koordinateneingabe
$\vec{X}_A$	V	Ortsvektor des Startpunktes.
$\vec{X}_B$	V	Ortsvektor des Endpunktes.
$\vec{X}_C$	V	Ortsvektor des Richtungspunktes auf positiver lokaler X-Y-Ebene.
N_M	I	Nummer der Materialgruppe.
N_Q	I	Nummer der Querschnittsgruppe.
N_{Inc}	I	Anzahl der Inkremente.
L_{max}	R	Maximale Elementlänge.
K_{ET}	I	Elementtyp (falls nicht vorgegeben 111)

Tabelle 2.95: Linearer Balkenzug

2.10.29 *GenKonBal3d*

Mit dem Kommando *GenKonBal3d* werden konische Balkenzüge entlang einer Linie generiert. Es werden die Start- und Endkoordinaten bzw. die Koordinaten der lokalen 2-Richtung (analog der Definition eines *B&B*-Balkenelements) festgelegt. Zudem sind Start- und Enddurchmesser bzw. Start- und Enddicke vorzugeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
T_{KSys}	I	Typ des Koordinatensystems
		0: karthesische Koordinateneingabe
		1: zylindrische Koordinateneingabe
$\vec{X}_A$	V	Ortsvektor des Startpunktes.
$\vec{X}_B$	V	Ortsvektor des Endpunktes.
$\vec{X}_C$	V	Ortsvektor des Richtungspunktes auf positiver lokaler X-Y-Ebene.
d_A	R	Profildurchmesser am Startpunkt $\vec{X}_A$.
t_A	R	Profildicke am Startpunkt $\vec{X}_A$.
d_B	R	Profildurchmesser am Endpunkt $\vec{X}_B$.
t_B	R	Profildicke am Endpunkt $\vec{X}_B$.
N_M	I	Nummer der Materialgruppe.
N_Q	I	Nummer der Querschnittsgruppe (bei konstanten Profilquerschnitten).
K_{QT}	I	Nummer des Profiltyps:
		0: Kreisquerschnitt:
		1: Polygon mit 3 Ecken, gleichseitiges Dreieck.
		2: Polygon mit 4 Ecken, Quadrat.
		3: Polygon mit 6 Ecken, gleichseitiges Sechseck.
		4: Polygon mit 8 Ecken, gleichseitiges Achteck.
K_{ET}	I	Elementtyp:
		0: Standardbalkenelement 111, konstanter Querschnitt.
		1: Konisches Balkenelement 112.
N_{Inc}	I	Anzahl der Inkremente.

Tabelle 2.96: Linearer konischer Balkenzug

Beispiel:
In nachfolgendem Beispiel wird ein konischer Balkenzug mit vier Balkenelementen generiert. Es werden zudem am Ende und in der Mitte des Kragbalkens Punktquerlasten angesetzt.

```
trace 2
#          KS KT --- XA ---   --- XB ---    --- XC ---    - DA -  - DB -  MG QG QT ET Inc
GenKonBal3d 0  0  0. 0. 0.   1000. 0. 0.   0. 100. 0.   50. 5.   20. 2.   1  0  0  1   4

# Lagerung
FrgPkt  0. 0. 0.   0.1  0 0 0 0 0 0

# Knotenlast
#        --- X -----          Lf Kn   --- P ------
KLasPkt   500. 0. 0.   0 0 0   1  1   0. 0. -1000.
KLasPkt  1000. 0. 0.   0 0 0   1  1   0. 0. -1000.

# Schreiben
write genbal-Kon.ein
```

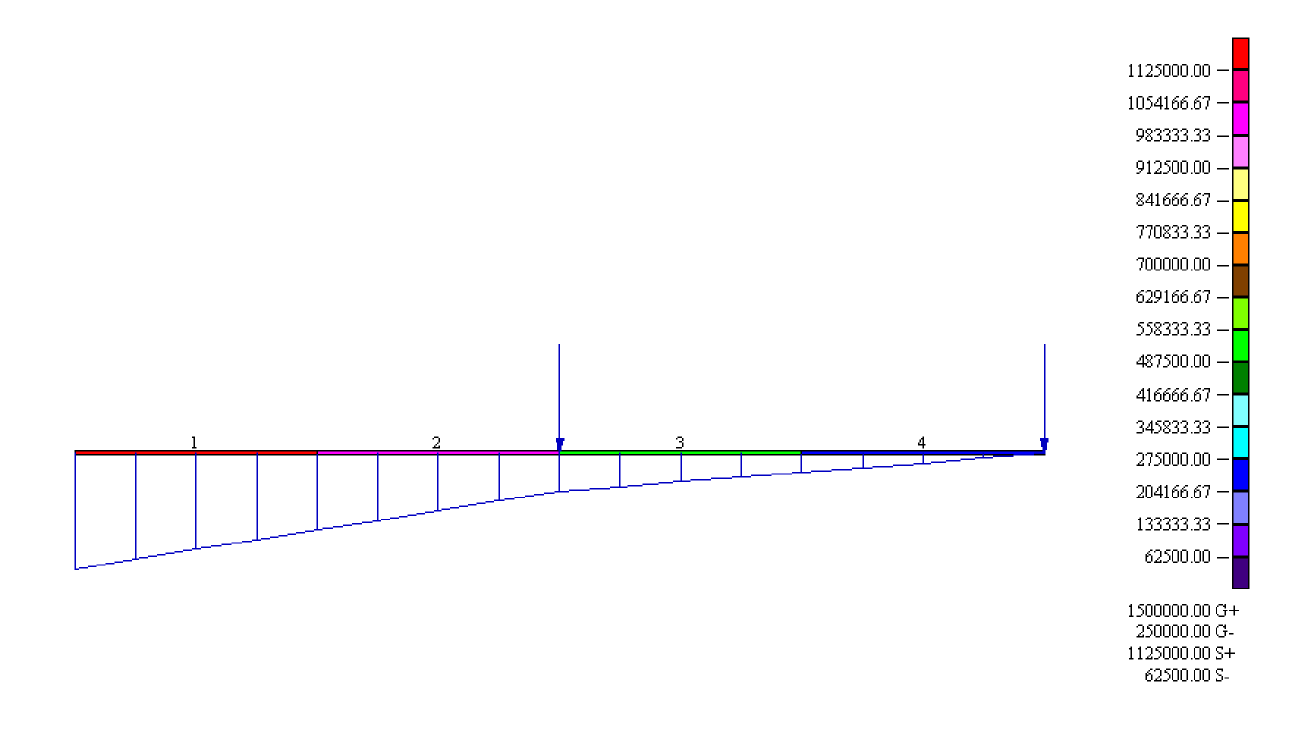


Abbildung 2.17: Momentenflächen eines konischen Balkens

2.10.30 *GenKonBal3b*

Mit dem Kommando *GenKonBal3b* werden konische Balkenzüge entlang eines Kreisbogens generiert. Es werden die Start- und Endkoordinaten bzw. die Koordinaten der lokalen 2-Richtung (analog der Definition eines *B&B*-Balkenelements) festgelegt. Zudem sind Start- und Enddurchmesser bzw. Start- und Enddicke vorzugeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
T_{KSys}	I	Typ des Koordinatensystems
		0: karthesische Koordinateneingabe
		1: zylindrische Koordinateneingabe
$\vec{X}_A$	V	Ortsvektor des Startpunktes.
$\vec{X}_B$	V	Ortsvektor des Endpunktes.
$\vec{X}_C$	V	Ortsvektor des Richtungspunktes auf positiver lokaler X-Y-Ebene.
		Hinweis:
		Die Ortsvektoren spannen das lokale Koordinatensystem des zu generierenden Kreisbogens auf, wobei $\vec{X}_A$ den Ursprung des lokalen Koordinatensystems festlegt.
R	R	Bogenradius.
ϕ_A	R	Startwinkel.
ϕ_E	R	Endwinkel.
d_A	R	Profildurchmesser am Startpunkt $\vec{X}_A$.
t_A	R	Profildicke am Startpunkt $\vec{X}_A$.
d_B	R	Profildurchmesser am Endpunkt $\vec{X}_B$.
t_B	R	Profildicke am Endpunkt $\vec{X}_B$.
N_M	I	Nummer der Materialgruppe.
N_Q	I	Nummer der Querschnittsgruppe (bei konstanten Profilquerschnitten).
K_{QT}	I	Nummer des Profiltyps:
		0: Kreisquerschnitt:
		1: Polygon mit 3 Ecken, gleichseitiges Dreieck.
		2: Polygon mit 4 Ecken, Quadrat.
		3: Polygon mit 6 Ecken, gleichseitiges Sechseck.
		4: Polygon mit 8 Ecken, gleichseitiges Achteck.
K_{ET}	I	Elementtyp:
		0: Standardbalkenelement 111, konstanter Querschnitt.
		1: Konisches Balkenelement 112.
N_{Inc}	I	Anzahl der Inkremente.

Tabelle 2.97: Konischer Balkenzug auf Kreisbogen

2.10.31 *Gen4Netz2*

Mit dem Kommando *Gen4Netz2* wird ein Netz aus 2d-Elementen generiert. Die beiden Richtungen (z.B. Kett- und Schuss-Richtung können mit unterschiedlichen Gruppen belegt werden. Wahlweise kann nur eine Richtung generiert werden, wenn die entsprechenden Gruppennummern (Materialgruppe bzw. Querschnittsgruppe) auf Null gestetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0: global).
$\vec{X}_1$	V	x-y-Ortsvektor der 1. Ecke im lokalen Koordinatensystem.
$\vec{X}_2$	V	x-y-Ortsvektor der 2. Ecke im lokalen Koordinatensystem.
$\vec{X}_3$	V	x-y-Ortsvektor der 3. Ecke im lokalen Koordinatensystem.
$\vec{X}_4$	V	x-y-Ortsvektor der 4. Ecke im lokalen Koordinatensystem.
$N_{Mat,x}$	I	Materialgruppe Stäbe in x-Richtung.
$N_{Mat,y}$	I	Materialgruppe Stäbe in y-Richtung.
$N_{Que,x}$	I	Querschnittsgruppe Stäbe in x-Richtung.
$N_{Que,y}$	I	Querschnittsgruppe Stäbe in y-Richtung.
Inc_x	I	Inkrementierung in x-Richtung.
Inc_y	I	Inkrementierung in y-Richtung.
T_{Ele}	I	Elementtyp.
Lng_x	I	Mindestlänge in x-Richtung.
Lng_y	I	Mindestlänge in y-Richtung.
K	I	Kenner:

Tabelle 2.98: Erzeugen eines ebenen Netzes

Beispiel: Generierung eines Zauns

```
#>>
MLX = 50.
MUY = 66.66
MOY = 200.

DLX = 2500.
DYU = 1200.
DYO =  800.
#<<
#autoset

#define _ety_  111

# Feld 1
```

```
# ======
#>>
DYU1 = DYU+1.
#<<
#autoset

SetKSys  1   0.     0.   0.     1.     0.  0.     0.     1.  0.
SetKSys  2   0.  _DYU_   0.     1.  _DYU_  0.     0.  _DYU1_ 0.


# Netz unten
Gen4Netz2 1 0.0   0.0  _DLX_   0.0  _DLX_ _DYU_ 0. _DYU_ 1 2 1 2 1 1 _ety_ _MLX_ _MUY_

# Netz oben
Gen4Netz2 2 0.0 _MOY_  _DLX_ _MOY_  _DLX_ _DYO_ 0. _DYO_ 4 0 4 0 1 1 _ety_ _MLX_ _MOY_
Gen4Netz2 2 0.0   0.0  _DLX_   0.0  _DLX_ _DYO_ 0. _DYO_ 0 6 0 6 1 1 _ety_ _MLX_ _MOY_

# Knotenverbinden
connect 1.0 1.0

# Kopplung von Freiheitsgraden
#>>
DXF  = DLX -2.
DYF  = DYO + DYU +1.
#<<
#autoset
#       KS  -> Quadergebiet <------------------------  - FhGrade -
FrgKQuad 0  1.0  0.0  0.0   _DXF_ 0.  _DYF_ 1.  1. 1.  1 1 1 1 1 0   1; 2-6;
FrgKQuad 0  1.0  0.0  0.0   _DXF_ 0.  _DYF_ 1.  1. 1.  1 1 1 1 1 0   4; 5-6;

# Freiheitsgrade festlegen
#            Punkt         eps-x     eps-y    eps-z      Freiheitsgrade
# in y-Richtung
FrgQuad    0.0   0.0    0.0   1. 1.   _DYF_ 1.  1. 1.     0 0 0 0 1 1
FrgQuad  _DLX_   0.0    0.0   1. 1.   _DYF_ 1.  1. 1.     0 0 0 0 1 1


# Lastgenerierung
# - für Lastverteilung nur Knoten aus vertikalen Stäben
SetEleSel 2 2;6;

#         ----- X ------  KS  Lf Ken  Lastvektor Radius  dZ Vert.
KLasCir2D 1250. 1400. 0.   0   2  1   0. 0.  800.  100.  1.   0


# Includedateien
include 0 zaun-kopf-V01.ein
include 1 zaun-gruppen-V01.ein
include 2 zaun-lasten-V01.ein
```

```
include 3 zaun-kombinationen-V01.ein

# Schreiben der FE-Datei
write zaun-V01.ein
```

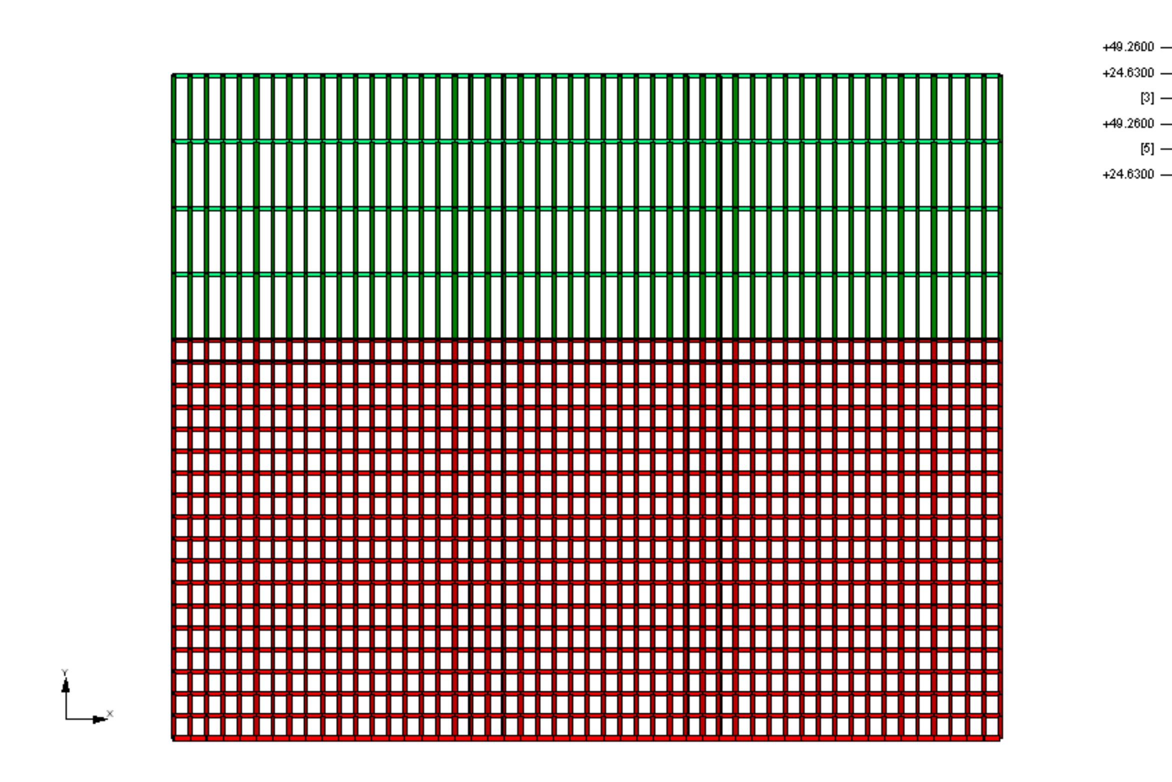


Abbildung 2.18: Ebenes Stab-Netz

2.11 Kommandos zur Elementbearbeitung

2.11.1 *Compress*

Mit dem Kommando *Compress* wird eine Knoten- und Elementneunummerierung durchgeführt. Es werden Lücken in Knoten- bzw. Elementnummer entfernt.

2.11.2 *Connect*

Mit dem Kommando *Connect* werden alle Bauteile mit einander verknüpft, d.h. es werden Knoten gesucht, die in einer ϵ-Umgebung liegen, die durch den Fangradius R_{Fang} beschreiben wird. Um die Suche der Knoten am geometrisch gleichen Ort zu beschleunigen, werden die Knoten nach ihren Koordinatenwerten sortiert. Für diese Sortierung ist es notwendig eine Sortiergenauigkeit vorzugeben sort. Diese Genauigkeit legt fest, wann Koordinatenwerte als gleich zu betrachten sind. Standardmäßig wird $R_{Sort} = 1$ und $R_{Fang} = 1$ gesetzt. Werden die Parameter des Kommandos nicht vorgegeben so werden die Standardwerte verwendet (siehe auch Abschnitt 2.11.3).

Durch das Verknüpfen der Knotenkoordinaten werden gleiche Knoten eliminiert. Das betrifft vor allem die Datensätze der Elemente und Knotenlasten. Eliminierte Knoten werden bei der Ausgabe nicht berücksichtigt.

Parameter	Typ	Beschreibung
R_{Fang}	R	Fangradius (Standard: $R_{Fang} = 1$).
R_{Sort}	R	Fangradius (Standard: $R_{Sort} = 1$).

Tabelle 2.99: Verknüpfen von Systemteilen

2.11.3 *EpsCon*

Mit dem Kommando *EpsCon* werden die Standardparameter für das Kommando *Connect* (siehe Abschnitt 2.11.2) festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
R_{Fang}	R	Fangradius (Standard: $R_{Fang} = 1$).
R_{Sort}	R	Fangradius (Standard: $R_{Sort} = 1$).

Tabelle 2.100: Festlegen der Standardparameter zu *Connect*

2.11.4 *ConnectG*

Mit dem Kommando *ConnectG* werden alle Bauteile mit einander verknüpft, d.h. es werden Knoten gesucht, die in einer ϵ-Umgebung liegen, die durch den Fangradius R_{Fang} beschreiben wird. Um die Suche der Knoten am geometrisch gleichen Ort zu beschleunigen, werden die Knoten nach ihren Koordinatenwerten sortiert. Für diese Sortierung ist es notwendig eine Sortiergenauigkeit vorzugeben R_{Sort}. Diese Genauigkeit legt fest, wann Koordinatenwerte als gleich zu betrachten sind. Standardmäßig wird $R_{Sort} = 1$ und $R_{Fang} = 1$ gesetzt. Werden die Parameter des Kommandos nicht vorgegeben so werden die Standardwerte verwendet (siehe auch Abschnitt 2.11.3).

Die Knotenauswahl kann beschränkt werden durch Verwendung eines Quadergebiets (siehe Abschnitt 2.6.6) und einer Elementauswahl mittels *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{QG}	I	Nummer des Quadergebiets zur topologischen Filterung.
R_{Fang}	R	Fangradius (Standard: $R_{Fang} = 1$).
R_{Sort}	R	Fangradius (Standard: $R_{Sort} = 1$).

Tabelle 2.101: Verknüpfen von Teilsystemen

2.11.5 *Cut*

Mit dem Kommando *Cut* wird ein System zerschnitten, d.h. Elementverbindungen werden durch Einfügen weiterer Knoten getrennt. Das Kommando berücksichtigt die Elementauswahl mittels *SetEleSel*. Die Schnittebene wird festgelegt durch die X-Y-Ebene des globalen bzw. eines lokalen Koordinatensystems.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0 : global).
ϵ_Z	R	Fangabstand in lokale +Z bzw. -Z-Richtung.

Tabelle 2.102: Zerschneiden einer Struktur

2.11.6 *CutGrp*

Mit dem Kommando *CutGrp* wird ein System an Gruppengrenzen, optional in einem Quadergebiet, zerschnitten, d.h. Elementverbindungen werden durch Einfügen weiterer Knoten getrennt. Knoten, an denen Elemente angreifen, die in allen Filterfeldern liegen, werden durch Einfügen ortsgleicher Knoten vervielfältigt und mit den entsprechenden Elementen assoziiert.

Beispiel:
1; 3;: Ein Knoten, an dem Elemente aus Querschnittsgruppe eins und drei angreifen, werden gedoppelt, um das Netz an der Gruppengrenze 1-3 zu trennen.

Parameter	Typ	Beschreibung
K_{Grp}	I	Gruppenkenner:
		1:Auswahl durch Materialgruppen
		2:Auswahl durch Querschnittsgruppen
Q_{Filter}	S	Querschnittsgruppenfilter (siehe Abschnitt 1.5).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems:
		-1: keine Gruppenauswahl
		0: globales Koordinatensystem
		> 0: lokales Koordinatensystem
QG	Q	Quadergebiet zur topologischen Filterung.

Tabelle 2.103: Zerschneiden einer Struktur an Gruppengrenzen

Im Beispiel der Abbildung 2.19 wird an der Querschnittsgruppengrenze 1-3 das Netz durch Einfügen weiterer Knoten gelöst. Die linke Darstellung zeigt das verbundene Netz, die rechte Darstellung das an der Gruppengrenze gelöste.

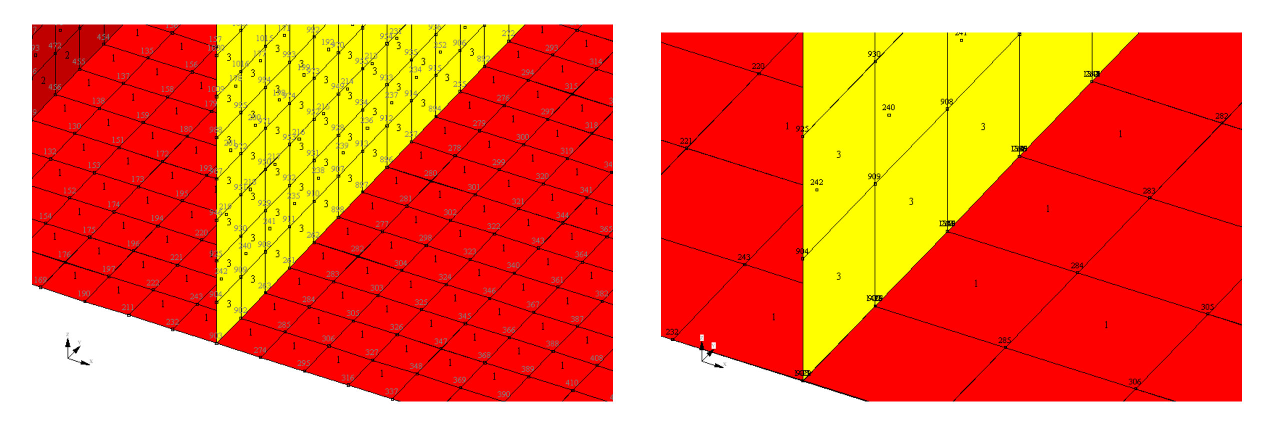


Abbildung 2.19: Lösen der Elemente entlang der Querschnittgruppengrenze 1-3

In nachfolgendem Beispiel wird das Netz *cutgrp1.ein* an der Grenze der Gruppen 1-3 gelöst. Da durch das Lösen des Netzes auch Elemente in den Gruppen gelöst werden, werden in den folgenden Schritten alle Elemente in Gruppe 1 bzw. alle Elemente in Gruppe 3 mit Gruppenfiler verknüpft (siehe auch Abschnitt 2.11.4).

```
# Hinzufügen des Bauteils
add cutgrp1.ein 0 0

# Zerschneiden des Bauteils
CutGrp 2 1;3;

# Verbinden der Querschnittsgruppe 1
ConnectG 2 1;

# Verbinden der Querschnittsgruppe 3
ConnectG 2 3;

# Schreiben der neuen Datei
write cutgrp2.ein
```

2.11.7 *SetEleTyp*

Das Kommando *SetEleTyp* ersetzt den Elementtyp $T_{ele,alt}$ durch den Elementtyp $T_{ele,neu}$. Die Ersetzung des Elementtyps erfolgt unmittelbar mit dem Kommandoaufruf (nicht erst bei Ausgabe der FE-Datei). Die Elementauswahl kann über die Querschnittsgruppe eingeschränkt werden, wenn die Parameter Q_v (von Querschnittsgruppe) bzw. Q_b (bis Querschnittsgruppe) größer als Null vorgegeben werden und die letzen beiden Parameter bei der Eingabe entfallen. Ein vielfältigere Filterung erhält man bei Benutzung des Filterstrings S_{sel} (siehe Abschnitt **??**). In diesem Fall ist der Kenner N_{sel} auf einen in der Tabelle erläuterten Wert zu setzen.

Parameter	Typ	Beschreibung
$T_{ele,alt}$	I	Zu ersetzender Elementtyp. Alter Elementtyp.
$T_{ele,neu}$	I	Neuer Elementtyp.
Q_v	I	Querschnittsfilterung, von Querschnittsgruppe (0: inaktiv).
Q_b	I	Querschnittsfilterung, bis Querschnittsgruppe (0: inaktiv).
N_{sel}	I	Auswahlkenner:
		1: Es werden Elementnummern gefiltert.
		2: Es werden Materialgruppennummern gefiltert.
		3: Es werden Querschnittsgruppennummern gefiltert.
S_{sel}	S	Auswahlstring (siehe Abschnitt **??**).

Tabelle 2.104: Bearbeiten eines Elementtyps

2.11.8 *Fla3Dir*

Das Kommando *Fla3Dir* setzt die Normale der Flächenelemente in dem unter QG beschriebenem Quadergebiet. Es werden alle Normalenvektoren invertiert, die in Richtung des vorgegebenen Richtungsvektors $\vec{E}$ mit einer Abweichung des Winkels α orientiert sind. Die Elementgruppe wird mit dem Auswahlkommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet zur topologischen Filterung.
N_{Btl}	I	Bauteilnummer.
α	R	Öffnungswinkel des Suchkegels.
$\vec{E}$	V	Vektor der Suchrichtung.

Tabelle 2.105: Normalenvektorinversion mit Suchrichtung

2.11.9 *SwF3Dir*

Das Kommando *SwF3Dir* invertiert die Flächennormalen von Flächenelementen der Querschnittsgruppe Q durch entgegengesetzten Umlaufsinn der Knotenzuweisung. Optional ($N_{vec} = 1$) kann die Normalenrichtung der Elemente am vorgegebenen Vektor $\vec{E}$ ausgerichtet werden. Die Elementgruppe wird mit dem Auswahlkommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
Q	I	Filterung über Querschnittsgruppe (0: inaktiv).
N_{vec}	I	Vektorielle Ausrichtung (0:nein / 1:ja).
$\vec{E}$	V	Vektor der Ausrichtung.

Tabelle 2.106: Inversion der Normalenrichtung

2.11.10 *Stb2Bal1*

Das Kommando *Stb2Bal1* konvertiert Stabelemente (Elementtyp T_{Stab}) in Balkenelemente (Elementtyp T_{Bal}). Elemente werden mit dem Befehl *List_Set_Filter* (siehe Abschnitt 2.16.1) selektiert. Zudem kann der Suchraum durch einen Kreis mit Mittelpunkt $\vec{M} = (dMx, dMy, dMz)$ und Radius R von Winkel 0 bis zum Winkel φ (in Grad) beschrieben werden.. Die Genauigkeit wird durch ϵ festgelegt. Der Suchraum wird i.A. durch ein lokales Koordinatensystem beschrieben ($N_{KSys} > 0$) oder durch das globale Koordinatensystem ($N_{KSys} = 0$). Die 2-Achse der Balkenelemente verweist stets in Z-Richtung des festgelegten Koordinatensystems.

Parameter	Typ	Beschreibung
T_{Stab}	I	Elementyp des Stabelements.
T_{Bal}	I	Elementyp des Balkenelements.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
$\vec{M}$	V	Ortsvektor des Mittelspunkts des Suchraumes.
R	R	Radius des Kreisgebiets.
φ	R	Winkelgebiet des Suchraums $[0, \varphi]$.
ϵ	R	Fanggenauigkeit.

Tabelle 2.107: Konvertieren von Stabelementen in Balkenelemente

(Zur Zeit wurde der Suchraum zur Filterung inaktiviert.)

2.11.11 *ConLin*

Bauteile werden mit dem Kommando *ConLin* auf einer Linie verknüpft. Es ist die Nummer des Bauteils vorzugeben N_{Btl}, dessen Knoten verschoben werden. Zusätzlich kann über den Kenner K_1 festgelegt werden, ob die Knoten des aktuellen Bauteils erhalben bleiben ($K_1 = 0$) oder ob diese Knoten bei der Verknüpfung substituiert werden ($K_1 = 1$). Es ist zu beachten, dass das Kommando davon ausgeht, dass die Richtungen in Richtung der Koordinatenachsen weisen ($x, y, z \Rightarrow K_{Dir} = 0, 1, 2$). Die Linie, auf der die Knoten verknüpft werden sollen, wird durch Vorgabe eines Punktes ($\vec{p} = (px, py, pz)$) und durch Vorgabe zweier Längen (L_1 und L_2) festgelegt. Berücksichtigt werden nur die Knoten, die in einer ϵ-Umgebung bezogen auf die betrachtete Linie liegen.

Beispiel:
Die Richtung der Linie sei X, der Punkt auf der Linie $(10, 2, 3)$, die Längen seien $L_1 = 2$ in positive Richtung und $L_2 = 3$ in negative Richtung. So werden auf der Linie zwischen den Punkten $(7, 2, 3)$ und $(12, 2, 3)$ alle Knoten untersucht und gegenüberliegende verknüpft.
Hinweis:
Da der Algorithmus sehr einfach ist, wird vorausgesetzt, dass die betrachteten Bauteile die gleiche Anzahl von Knoten auf der gemeinsamen Linie haben und dass die vorhandenen Knoten nicht 'allzu weit entfernt liegen. Sich bei der Verknüpfung ergebende Netzverzerrungen werden nicht durch Glättungsalgorithmen ausgeglichen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Btl}	I	Bauteilnummer.
K_1	I	Generierungskenner.
K_{Dir}	I	Richtungskenner.
$\vec{p}$	V	Ortsvektor auf die Verbindungslinie.
L_1	R	Abstand in positive Richtung.
L_2	R	Abstand in negative Richtung.
ϵ	R	Fanggenauigkeit.

Tabelle 2.108: Bauteile verbinden auf einer Linie

2.12 Kommandos zur Gruppenbearbeitung

2.12.1 *SetMatGQ*

Mit dem Kommando *SetMatGQ* werden allen Elementen deren Querschnittsgruppe durch den Filter Q_{Filter} beschrieben werden, die Materialgruppe N_{Mat} zugewiesen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Mat}	I	Zuzuweisende Materialggruppe.
Q_{Filter}	S	Querschnittsgruppenfilter (siehe Abschnitt 1.5).

Tabelle 2.109: Zuweisen der Materialgruppe über Querschnittsgruppenfilter

2.12.2 *SetQueGM*

Mit dem Kommando *SetQueGM* werden allen Elementen deren Materialgruppe durch den Filter M_{Filter} beschrieben werden, die Querschnittsgruppe N_{Que} zugewiesen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Que}	I	Zuzuweisende Querschnittsggruppe.
M_{Filter}	S	Materialgruppenfilter (siehe Abschnitt 1.5).

Tabelle 2.110: Zuweisen der Querschnittsgruppe über Materialgruppenfilter

2.12.3 *SetMatGBLasQ*

Mit dem Kommando *SetMatGBLasQ* werden allen Elementen die Materialgruppe N_{Mat} zugewiesen, deren Querschnittsgruppe durch den Filter Q_{Filter} beschrieben werden und deren Balkenbelastung im Lastfall N_{Lf} mit den vorgegebenen Belastungswerten L_{sa}, L_{sb}, L_{pa} und L_{pb} übereinstimmen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Mat}	I	Zuzuweisende Materialggruppe.
Q_{Filter}	S	Querschnittsgruppenfilter (siehe Abschnitt 1.5).
N_{Lf}	I	Lastfallnummer.
L_{sa}	R	Lastkoordinate am Knoten A.
L_{pa}	R	Lastordinate am Knoten A.
L_{sb}	R	Lastkoordinate am Knoten B.
L_{pb}	R	Lastordinate am Knoten B.
$\epsilon_{rel.}$	R	Relative Genauigkeit des Belastungsfilters.
K_{aktiv}	H	Kenner zur Belastungsprüfung.
		0x0001: N_{Lf}
		0x0002: L_{sa}
		0x0004: L_{pa}
		0x0008: L_{sb}
		0x0010: L_{pb}
		Beispiel 1: Gesamtprüfung ⇒ 0x001f.
		Beispiel 2: Belastungsprüfung ⇒ 0x0014.

Tabelle 2.111: Materialgruppe über Querschnittsgruppen- und Balkenbelatungsfilter

2.12.4 *GrpQuad*

Wahlweise können mit dem Kommando *GrpQuad* Material- bzw. Querschnittsgruppennummer in einem Quadergebiet überschrieben werden. Die Auswahl der Elemente erfolgt über den mit dem Kommando *SetEleSel* festgelegten Auswahlsatz.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
Q_G	G	Quadergebiet.
G_0	I	Materialgruppennummer.
G_1	I	Querschnittsgruppennummer.
K_{Set}	I	Verarbeitungskenner:
		0: keine Änderung.
		1: Überschreibung der Materialgruppennummer.
		2: Überschreibung der Querschnittsgruppennummer.
		3: Überschreibung beider Gruppennummern.

Tabelle 2.112: Zuweisung der Gruppennummern in Quadergebiet

2.12.5 *SetMgp*

Mit dem Kommando *SetMgp* können Materialgruppen ein- bzw. ausgeblendet werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Set}	I	Verarbeitungskenner:
		0: Auswahl der festgelegten Materialgruppen.
		1: Setzen der festgelegten Materialgruppen.
		2: Löschen der festgelegten Materialgruppen.
M_{Filter}	S	Materialgruppenfilter (siehe Abschnitt 1.5).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
Q_G	G	Quadergebiet.

Tabelle 2.113: Ein- bzw. Ausblenden von Materialgruppen

2.12.6 *SetQgp*

Mit dem Kommando *SetQgp* können Querschnittsgruppen ein- bzw. ausgeblendet werden. Die Auswahl der Elemente kann zusätzlich über ein Quadergebiet in einem lokalen Koordinatensystem ausgewählt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Set}	I	Verarbeitungskenner:
		0: Auswahl der festgelegten Querschnittsgruppen.
		1: Setzen der festgelegten Querschnittsgruppen.
		2: Löschen der festgelegten Querschnittsgruppen.
Q_{Filter}	S	Querschnittsgruppenfilter (siehe Abschnitt 1.5).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
Q_G	G	Quadergebiet.

Tabelle 2.114: Ein- bzw. Ausblenden von Querschnittsgruppen

2.12.7 *SetEleGrp*

Mit dem Kommando *SetEleGrp* können Elementgruppen ein- bzw. ausgeblendet werden. Die Auswahl der Elemente erfolgt mit dem Kommando *SetEleSel* (siehe 2.5.1 kann zusätzlich über ein Quadergebiet in einem lokalen Koordinatensystem ausgewählt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Set}	I	Verarbeitungskenner: 0: Auswahl der festgelegten Querschnittsgruppen. 1: Setzen der festgelegten Querschnittsgruppen. 2: Löschen der festgelegten Querschnittsgruppen.

Tabelle 2.115: Ein- bzw. Ausblenden von Elementgruppen

2.12.8 *SetMatGZ*

Das Kommando *SetMatGZ* weist den Elementen die Materialgruppe N_{Mat} zu, die durch den den Elementfilter Q_v, Q_b (von Querschnittsgruppe, bis Querschnittsgruppe) festgelegt werden. Ferner werden nur die Elemente herangezogen, die im Z-Bereich zischen Z_0 (unterer Z-Wert) und Z_1 (oberer Z-Wert) liegen. Optional kann der betrachtete Elementraum durch ein rechteckiges Gebiet in X und Y eingeschränkt werden (X_{min} bis X_{max} bzw. Y_{min} bis Y_{max}). Die in diesem Kommando verwendeten Koordinatenwerte beziehen sich jeweils auf das verwendete Koordinatensystem N_{KSys}. $N_{KSys} = 0$ setzt das globale Koordinatensystem.

Die Kennung K_1 legt fest, ob die Elemente mit Auflagerbedingungen ausgeschlossen werden und ob die Gebietseinschränkung berücksichtigt werden soll.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Mat}	I	Zuweisung dieser Materialgruppe.
Q_v	I	Querschnittsgruppenfilter, von Querschnittsgruppe (0: inaktiv).
Q_b	I	Querschnittsgruppenfilter, bis Querschnittsgruppe (0: inaktiv).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
Z_0	R	Unterer Z-Wert (von Z).
Z_1	R	Oberer Z-Wert (bis Z).
K_1	I	Verarbeitungskenner:
		1: Keine Elemente mit Auflagerbedinungen.
		2: Das festgelegte Gebiet (dx, dy) soll berücksichtigt werden.
		3: Beide genannten Optionen sollen berücksichtigt werden.
X_{min}	R	Minimaler X-Wert.
X_{max}	R	Maximaler X-Wert.
Y_{min}	R	Minimaler Y-Wert.
Y_{max}	R	Maximaler Y-Wert.

Tabelle 2.116: Zuweisung einer Materialgruppe in Abhängigkeit von der Höhe

2.12.9 *SetMatGZi*

Mit dem Kommando *SetMatGZi* kann ein linear veränderlicher E-Modul simuliert werden. Es wird im Intervall $[z_0, z_1]$ der E-Modul zwischen den Werten $[E_0, E_1]$ linear interpoliert. Die Interpolation erfolgt in N_I Intervallen in lokaler z-Richtung (siehe Abschnitt 2.6.1). Wahlweise können die interpolierten Materialwerte in die Include-Datei der Gruppendaten einkopiert werden. Der Startwert der generierten Materialgruppen wird durch N_{Mg1} festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
N_{Mg1}	I	Nummer der ersten Materialgruppe.
N_I	I	Anzahl der Intervalle.
Z_0	R	Untere Z-Intervallgrenze.
Z_1	R	Obere Z-Intervallgrenze.
E_0	R	E-Modul bei Z_0.
E_1	R	E-Modul bei Z_1.
ν	R	Querkontraktion.
γ	R	Wichte.
α_T	R	Ausdehnungskoeffizient.
N_{Flag}	I	Verarbeitungskenner (Ausgabe in Datei: 0:nein/1:nein).
S_{File}	S	Gruppendatei.

Tabelle 2.117: Zuweisung z_{lok}-interpolierte E-Modul-Werte

Beispiel:

In nachfolgendem Beispiel wird die Temperaturabhängigkeit des E-Moduls in z-Richtung linear über die Materialgruppen interpoliert. Abbildung 2.20 zeigt das Modell vor und nach der Materialgruppeninterpolation, die mit folgendem Kommando generiert wird.

```
# E-Modul-Interpolation
SetMatGZi  0 21 10  0. 341. 100000. 200000. 0.3 +7.85e-5 +0.0000120 1 SB-Gruppen-E.ein
```

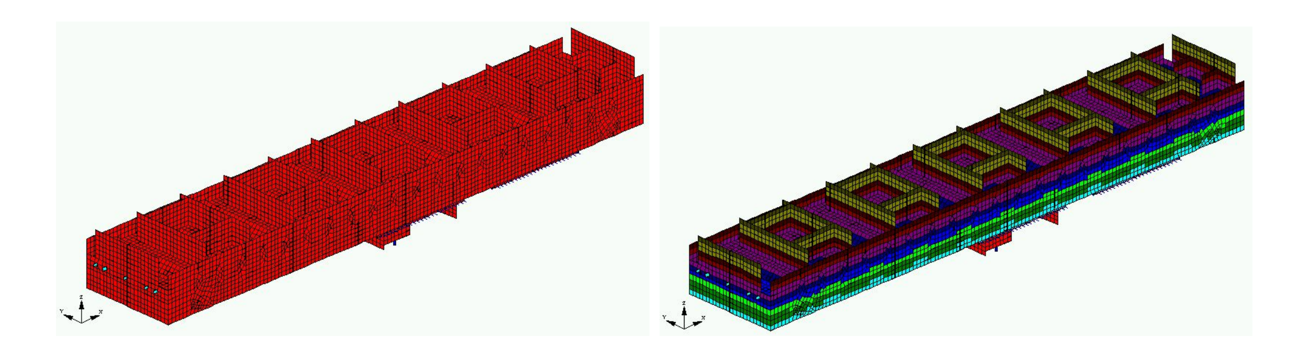


Abbildung 2.20: Interpolation des E-Moduls über die Zuweisung von Materialgruppen

2.12.10 *SetBetQgp*

Das Kommando *SetBetQgp* weist Elementen (Balken oder Faltwerkelementen) die Bettungsfunktion N_{Bet} zu. Als Filter kann sowohl die Querschnittsgruppe Q als auch die Materialgruppe M verwendet werden. Die Gruppe 0 schaltet die Filtereinschränkung aus. Um Elemente von der Bettung auszuschließen, deren Knoten gelagert sind, ist der Kenner K_1 auf 1 zu setzen (sonst 0).

Parameter	Typ	Beschreibung
Q	I	Nummer der Querschnittsgruppe (Filterfunktion).
M	I	Nummer der Materialgruppe (Filterfunktion).
N_{Bet}	I	Nummer der Bettungsfunktion.
K_1	I	Knotenkenner:
		0: Elemente mit gelagerten Knoten werden nicht ausgeschlossen .
		1: Elemente mit gelagerten Knoten werden ausgeschlossen .

Tabelle 2.118: Zuweisung einer Bettungsfunktion

2.12.11 *SetQueCir*

Das Kommando *SetQueCir* weist die Querschnittsgruppe Q den Elemente zu, die in einem Kreisgebiet im lokalen Koordinatensystem N_{KSys} liegen. Der Mittelpunkt des Gebiets liegt im Ursprung des Koordinatensystems. Das Gebiet wird ferner festgelegt durch den Radius R und den Z-Fangparameter ϵ_Z. Die Elementwahl kann optional über einen Filter S_{sel} weiter eingeschränkt werden. Der Filter wird über den Kenner N_{sel} festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
N_{sel}	I	Auswahlkenner:
		1: Es werden Elementnummern gefiltert.
		2: Es werden Materialgruppennummern gefiltert.
		3: Es werden Querschnittsgruppennummern gefiltert.
S_{sel}	S	Auswahlstring.
Q	I	Zuzuweisende Querschnittsgruppe.
R	R	Radius des Gebiets.
ϵ_Z	R	Fangparameter in Z-Richtung.

Tabelle 2.119: Zuweisung von Querschnittsgruppen im Kreisgebiet

2.12.12 *GenFederQGruppen*

Das Kommando *GenFederQGruppen* ermittelt die Einflusslänge zur Gewichtung der Federn in 2D-Modellen. Die Gewichtung wird als Fläche in einer Querschnittsgruppe gespeichert. Wird keine Fläche der berechneten Größe gefunden, wird eine neue Querschnittsgruppe angelegt. Elemente, für die die Gewichtung ermittelt werden soll, werden mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
$\vec{X}$	R	Startvektor der angeschlossenen Linie
L	R	Länge der Linie.
ϵ	R	Genauigkeit.

Tabelle 2.120:

2.13 Datenbank-Kommandos

2.13.1 *DB_Open*

Mit dem Kommando *DB_Open* wird der Dateiname der Datenbank festgelegt.

2.13.2 *DB_Reset*

Mit dem Kommando *DB_Reset* werden alle geladenen Datenbankdaten gelöscht.

2.13.3 *DB_LoadParam*

Mit dem Kommando *DB_LoadParam* werden Parameterdaten aus der Datenbank geladen.

2.13.4 *DB_LoadGruppen*

Mit dem Kommando *DB_LoadGruppen* werden Gruppendaten aus der Datenbank geladen.

2.13.5 *DB_LoadProfile*

Mit dem Kommando *DB_LoadProfile* werden Profildaten aus der Datenbank geladen. Es werden nur die Profildaten aus der Datenbank geladen, die mit den bereits geladenen Gruppen referenziert sind.

2.13.6 *DB_LoadMaterial*

Mit dem Kommando *DB_LoadMaterial* werden Materialdaten aus der Datenbank geladen. Es werden nur die Materialdaten aus der Datenbank geladen, die mit den bereits geladenen Gruppen referenziert sind.

2.13.7 *DB_Close*

Mit dem Kommando *DB_Close* wird die Datenbank geschlossen.

2.14 Bearbeigung von Freiheitsgraden

2.14.1 *FrgPkt*

Mit dem Kommando *FrgPkt* können Knoten, die über die Lage eines Punktes vorgegeben werden, mit Freiheitsgraden verknüpft werden. Im Punkt mit den Koordinaten $\vec{X}$ wird in einem Fanggebiet mit Radius ϵ_{Fang} ein Knoten gesucht und dessen Freiheitsgrade auf $\vec{Frg}$ (siehe Abschnitt 2.2) gesetzt.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X}$	V	Ortsvektor des betrachteten Punktes.
ϵ_{Fang}	R	Fanggenauigkeit.
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
N_{LKS}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems.

Tabelle 2.121: Generierung von Freiheitsgraden an einem Punkt

Bei Vorgabe eines lokalen Koordinatensystems werden schiefe Randbedingungen erzeugt, d.h. die Verschiebungen und Rotationen werden im lokalen Koordinatensystem berechnet.

2.14.2 *FrgLin*

Die Knoten auf einer Linie in lokaler x-Richtung N_{LKS} (siehe Abschnitt 2.6.1) erhalten die durch den Freiheitsgradvektor $\vec{Frg}$ beschriebenen Freiheitsgrade. Der auf der Linie betrachtete Bereich umfaßt die Strecke von $\vec{L_-}$ *bis* $\vec{L_+}$ in lokaler x-Richtung. Bei der Überprüfung der Koordinaten wird der Radius des Fangbereichs durch ϵ_{Fang} festgelegt.

Der Befehl unterstützt noch keine lokalen Koordiantensysteme.

Beispiel:

In nachfolgendem Beispiel (siehe Abbildung 2.21) wird ein Teil einer Kesselwand modelliert und an den Randlinien gehalten. Die Modellierung der Randlager erfolgt mit *FrgLin* (siehe auch Auszug aus Steuerdatei unten).

```
# Linienlager
SetKSys 1  1000.  0. 4.  1000. 10. 4.   1000. 0. 14.
#      LKs    -X     +X     Eps  Frg--------  F
FrgLin  1   -4100. 1000.  0.1  1 0 1 1 1 1  1

SetKSys 1 -1000.  0. 4. -1000. 10. 4.  -1000. 0. 14.
```

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{LKS}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems.
L_-	R	Relative Koordinate auf Linie in −-Richtung.
L_+	R	Relative Koordinate auf Linie in +-Richtung.
ϵ_{Fang}	R	Fanggenauigkeit.
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
N_{Set}	I	Überlagerungskenner:
		0: Überschreiben der Freiheitsgradkenner
		1: Überlagern der Freiheitsgradkenner

Tabelle 2.122: Generierung von Freiheitsgraden auf einer Linie

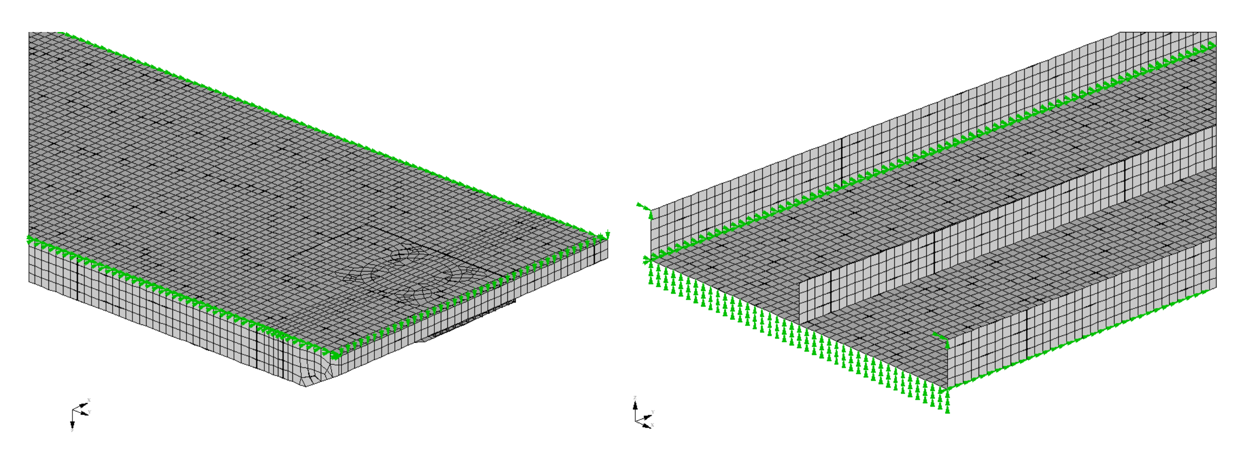


Abbildung 2.21: Generieren von Freiheitsgraden auf einer Linie

```
#      LKs    -X     +X     Eps   Frg--------   F
FrgLin  1   -4100. 1000.   0.1   0 0 1 1 1 1   1

SetKSys 1   0.  430. 4.    10.   430. 4.   0.   430. 14.
#      LKs    -X     +X     Eps   Frg--------   F
FrgLin  1   -1200. 1200.   0.1   1 1 0 1 1 1   1

SetKSys 1   0. -4070. 4.   10.   -4070. 4.   0.   -4070. 14.
#      LKs    -X     +X     Eps   Frg--------   F
FrgLin  1   -1200. 1200.   0.1   1 1 0 1 1 0   1

SetKSys 1   0. -4070. 254.  10.   -4070. 254.   0.   -4070. 264.
#      LKs    -X     +X     Eps   Frg--------   F
FrgLin  1   -1200. 1200.   0.1   1 1 0 0 1 1   1
```

2.14.3 *FrgQuad*

Knoten, die in einem durch ein Quadergebiet beschriebenen Volumen liegen, erhalten die durch $\vec{Frg}$ beschriebenen Freiheitsgrade. Das Quadergebiet wird mit dem Befehl *SetQuader* (siehe Abschnitt 2.6.6) festgelegt. Die Knoten können mit dem Elementfilter *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) gefiltert werden.[2]

Parameter	Typ	Beschreibung
N_G	I	Nummer des Gebiets.
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.

Tabelle 2.123: Generierung von Freiheitsgraden im Quadergebiet

2.14.4 *FrgZyl*

Knoten, die in einem Zylindergebiet liegen erhalten die durch $\vec{Frg}$ beschriebenen Freiheitsgrade. Das Zylindergebiet wird in einem lokalen Koordinatensystem beschrieben. Die vertikale Achse zeigt in lokale z-Richtung. Der Zylinderschnitt liegt in lokaler x-y-Ebene. Das Gebiet wird aufgespannt durch einen Radius, einen Winkelbereich $\varphi \in [0°, 360°]$, Fangbereiche für Radius Δr und Höhe Δz. Zudem können die gesuchten Knoten über die Vorgabe eines Knotengebietes gefiltert werden.

Der Befehl unterstützt noch keine lokalen Koordiantensysteme.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
r	R	Mittlerer Zylinderradius.
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
K_S	I	Überlagerungskenner: 0:überschreiben/1:überlagern
α_0	R	Startwinkel (Standard: 0°)
α_1	R	Endwinkel (Standard: 360°)
Δr	R	Radiusfangbereich (Standard: 1)
Δz	R	Höhenfangbereich (Standard: 1)
N_{KG}	I	Nummer der Knotengruppe (Standard: 0: keine)
S_{KG}	S	Auswahlstring für Knotengruppe

Tabelle 2.124: Generierung von Freiheitsgraden im Zylindergebiet

[2]Der ehemalige Bezug auf ein Filtergebiet wurde aus dem Berfehl genommen. In der aktuellen Version sind Gebiete mit *SetQuader* zu vereinbaren.

Beispiel:

```
lua>
...
-- Lager setzen
dy  = 275.
r,s = btlcmd("FrgZyl",1, dy, 0,0,0, 0,0,0, 0, 0., 360., 1., 100.)
...
<aul
```

Abbildung 2.22 zeigt die durch das Beispiel erzeugten Freiheitsgrade entlang der Kreislinie (grüne Pfeile).

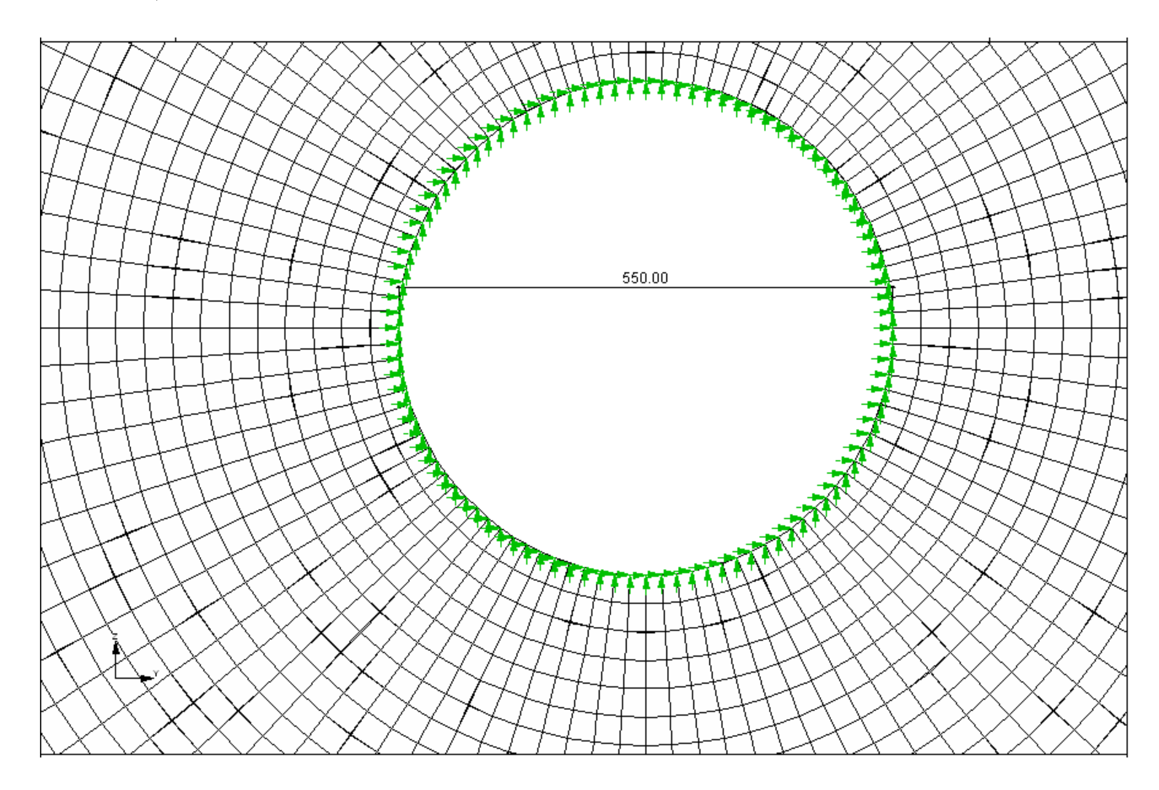


Abbildung 2.22: Generierung von Freiheitsgraden an Balkenenden

2.14.5 *FrgQuadZ*

Knoten, die in einem durch das Quadergebiet G_Q beschriebenen Volumen liegen werden in der Z-Richtung des durch N_{KSys} festgelegten lokalen Koordinatensystems gehalten.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
G_Q	Q	Quadergebiet.

Tabelle 2.125: Generierung von Z-Freiheitsgraden im lokalen Koordinatensystem

2.14.6 *SetSymLag*

Knoten, die in einem Zylindergebiet mit Radius R_Z und der Z-Koordinate $\pm H_Z$ liegen, werden mit symmetrischen Randbedingungen versehen. Es ist zusätzlich über $\vec{Frg}$ festzulegen, welche der für die symmetrischen Lagerbedingungen relevanten Fesselungen gesetzt werden sollen. Das Fangebiet liegt stets symmetrisch zur X-Y-Ebene des vorgegebenen Koordinatensystems. Das Gebiet kann durch Vorgabe eines lokalen Koordinatensystems N_{KSys} beliebig im Raum positioniert werden.

Die für die Lagerung relevanten Knoten sind mit dem Befehl *SetEleSel* über die Auswahl der Elemente festzulegen. In Abbildung **??** ist das Festlegen der symmetrischen Randbedingungen für eine ausgewählte Elementgruppe (Querschnittsgruppe 28) dargestellt. Die Fläche der Freiheitsgraddefinition wird über ein lokales Koordinatensystem (Koordinatensystem 3) festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
R_Z	R	Zylinderradius.
H_Z	R	Zylinderhöhe.
L_{Dir}	R	Richtungslänge (für Generierung des Richtungsknotens).

Tabelle 2.126: Generierung symmetrischer Randbedingungen

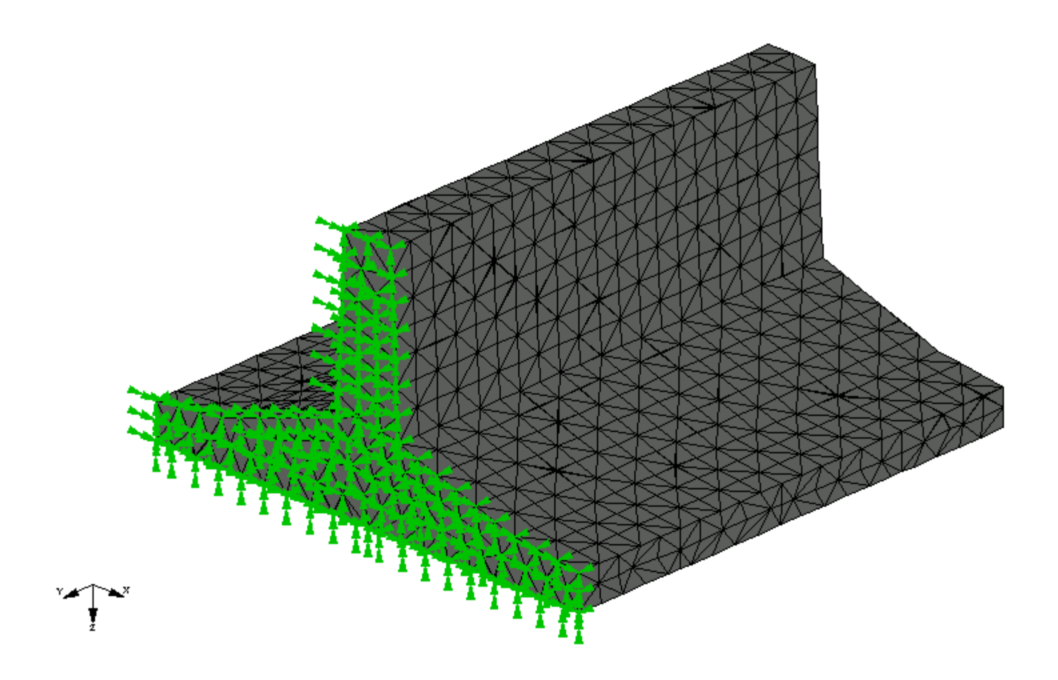


Abbildung 2.23: Symmetrische Randbedingungen am Schienenende

Nachfolgend wird die Liste der verwendeten Kommandos dargestellt.

```
# Koordinatensystem: Symmetrische Lagerung der Schiene+Y
setksys 3     0.  78. -5.     10.  78. -5.       0.  78. -15.

# Symmetrische Lagerung der Schiene
# +Y-Lagerung der Schiene
setelesel 2 28;
setsymlag 3  1 1 0  0 0 1  172.  1. 10.
```

2.14.7 *FrgBal*

Setzen der Freiheitsgrade im lokalen Koordinatensystems eines Balkens N_{KSys}. Die Auswahl der Balken erfolgt mit dem Kommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1). Mit N_{Kno} wird der Knoten festgelegt, dessen Freiheitsgrade gesetzt werden sollen (0: Knoten A / 1: Knoten B). Der Paramter $\vec{Frg}$ beschreibt die Wahl der Freiheitsgrade.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Kno}	I	Kenner für Knoten (0: Knoten A / 1: Knoten B).
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
Optionale Parameter		
N_{KSys}	I	Kenner des zu wählenden Koordinatensystems (Standard:0). 0: lokales Koordinatensystem des Balkens. 1: globales Koordinatensystem.

Tabelle 2.127: Generierung der Freiheitsgrade an Balkenknoten

Beispiel:

In nachfolgendem Beispiel werden zwei Plattenbauteile über Balkenelemente exzentrisch gekoppelt. Dabei ist zu beachten, dass aufgrund der fehlenden Torsionssteifigkeit der Platte (Verdrehung um die vertikale Plattenrichtung) bei dieser Kopplung Kinematen (ohne Widerstand verdrehbare Balkenelemente) entstehen. Eine Lösung ist das Setzen von Verdrehauflagern an den Balkenendknoten umd die Balkenlängsrichtung (Torsion).

Das Resultat von *FrgBal* ist in Abbildung 2.24 rechts zu sehen. Die Verdrehauflager werden als grüne Zweifachpfeile dargestellt. Die wesentlichen Zeilen der entsprechenden Steuerdatei werden unten dargestellt.

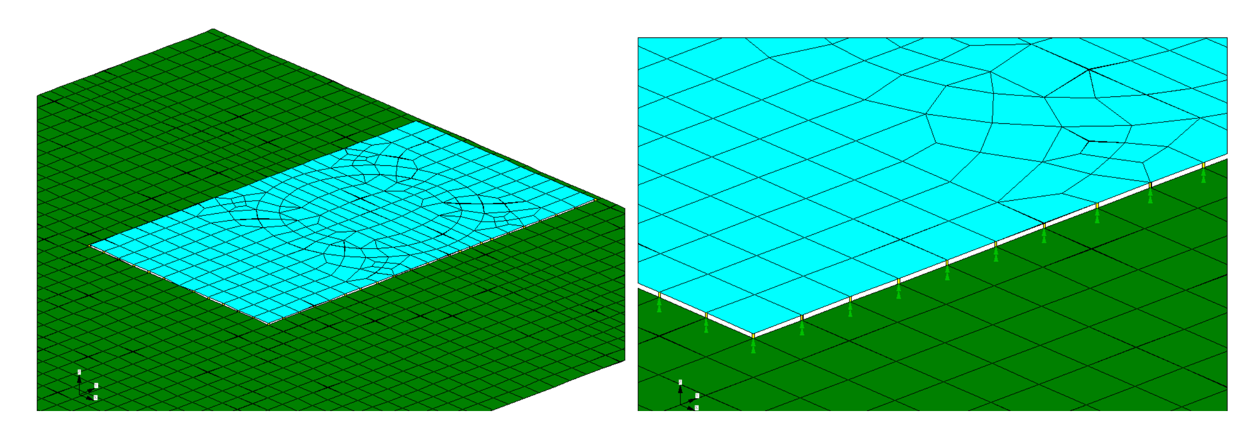


Abbildung 2.24: Generierung von Freiheitsgraden an Balkenenden

```
# Setzen der Verdrehfreiheitsgrade der senkrecht an Flächenelemente
# anschließenden Balkenelemente
# - Auswahl der Balkenelemente
SetEleSel 2 51;
# -    Kn Frg--------
FrgBal  0 1 1 1 0 1 1
```

2.14.8 *FrgKQuad*

Mit dem Kommando *FrgKQuad* können Freiheitsgrade von Knoten, die in einem Quadergebiet G_Q liegen, gekoppelt werden. Die Beschreibung des Quadergebiets erfolgt im lokalen Koordinatensystem N_{KSys}. Dabei wird für einen Knoten, der an Master- und Slave-Bauteil hängt, eine Kopie erstellt. Die Freiheitsgrade des Originalknotens und des neuen kopierten Knotens werden gekoppelt.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0: global).
G_Q	Q	Quadergebiet.
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
		0: Freiheitsgrad nicht gekoppelt.
		1: Freiheitsgrad gekoppelt.
N_{Q_1}	S	Querschnittsgruppenfiltertext *Master*.
		Bauteil mit verbleibenden Knoten.
N_{Q_2}	S	Querschnittsgruppenfiltertext *Slave*.
		Bauteil mit neuen gekoppelten Knoten.
K_{Typ}	I	Verarbeitungstyp (nicht belegt).

Tabelle 2.128: Generierung von Freiheitsgradkopplungen

2.14.9 *FrgKCon*

Mit dem Kommando *FrgKCon* werden Knoten, die sich in einer ϵ-Umgebung befinden über Freiheitsgradkopplungen verknüpft. Die betrachteten Knoten können wahlweise in meinem Quadergebiet eingeschränkt werden. Zudem unterstützt der Befehl den Auswahlselektor *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1). Als Fanggenauigkeit werden die Parameter herangezogen die mit dem Befehl *EpsCon* gesetzt werden können (siehe auch Abschnitt 2.11.3).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_Q	I	Nummer des Quadergebiets.
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
		0: Freiheitsgrad nicht gekoppelt.
		1: Freiheitsgrad gekoppelt.
S_{Qgp}	S	Querschnittsgruppenfiltertext
		für den Ausschluss von Bauteilknoten.

Tabelle 2.129: Verknüpfen mit Freiheitsgradkopplungen

2.14.10 *KopPktQuad*

Mit dem Kommando *KopPktQuad* können Freiheitsgrade von Knoten, die in einem Quadergebiet n_Q liegen, an die Freiheitsgrade eines Knotens mit vorgegebenene Kooordinaten gekoppelt werden. Die Beschreibung des Quadergebiets erfolgt mit dem Kommando *Set-Quader* (siehe Abschnitt 2.6.6) optional im lokalen Koordinatensystem.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X_M}$	V	Ortsvektor des Masterknotens.
$\vec{Frg}$	F	Freiheitsgradvektor.
		0: Freiheitsgrad nicht gekoppelt.
		1: Freiheitsgrad gekoppelt.
N_Q	I	Nummer des Quadergebiets.

Tabelle 2.130: Koppeln von Freiheitsgraden

In nachfolgendem Beispiel werden zunächst 4 Quadergebiete vereinbart. Es werden die Makros `_zp2_` und `_lp_` verwendet, die vom Praeprozessor vor der Auswertung aufgelöst werden (siehe Abschnitt 1.10).

```
# Randknoten koppeln auf Knoten der Symmetrieachse
#          Nr Ak KS   - Gebietsdaten ---------------------------
SetQuader  1  1  0      0. 0. _zp2_   1. 1. 1000. 1000. 1. 1.
SetQuader  2  1  0      0. 0. _zm2_   1. 1. 1000. 1000. 1. 1.
SetQuader  3  1  0    _lp_ 0. _zp2_   1. 1. 1000. 1000. 1. 1.
SetQuader  4  1  0    _lp_ 0. _zm2_   1. 1. 1000. 1000. 1. 1.

#           - Punkt --    - Kopplg. -   Q
KopPktQuad    0. 0. _zp2_  1 0 0 0 0 0  1
KopPktQuad    0. 0. _zm2_  1 0 0 0 0 0  2
KopPktQuad  _lp_ 0. _zp2_  1 0 0 0 0 0  3
KopPktQuad  _lp_ 0. _zm2_  1 0 0 0 0 0  4
```

2.15 Kommandos zur Lastgenerierung

2.15.1 *KLasPkt*

Mit dem Kommando *KLasPkt* wird eine Einzellast auf einem Knoten mit vorgegebenen Koordinaten generiert. Der Knotenpunkt wird mit einer vorgegebenen Unschärfe eingefangen. Wird keine Knoten gefunden, so wird keine Last generiert. [3]. Wird ein Knoten im Gebiet gefunden, so wird er auf die vorgegebenen Koordinaten geschoben.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X}$	R	Ortsvektor des Punktes (X, Y, Z).
ϵ	R	Fangradius.
Lf	I	Lastfallnummer.
K_{Last}	I	Lastkenner (siehe *B&B*-Handbuch: Knotenlasten, *NDA40*).
$\vec{P}$	R	Lastvektor (P_x, P_y, P_z).
MAS	I	Massenkenner (siehe *B&B*-Handbuch: Knotenlasten, *NDA40*).

Tabelle 2.131: Punktlasten auf Knoten

[3]Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Knotenlasten, Datenart 40

2.15.2 *KLaGeb*

Mit dem Kommando *KnoLaGeb* werden mittels vorgegebener Gebiete (siehe Abschnitt 2.16.6) Knotenlasten auf Gebietsknoten[4].

Parameter	Typ	Beschreibung
$NLAS$	I	Lasfallnummer.
KE	I	Kenner der Belastungsart.
		1: Einzellasten.
		2: Einzelmomente.
$\vec{W}$	R	Belastungsvektor.

Tabelle 2.132: Knotenlasten in Gebieten

[4]Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Knotenlasten, Datenart 40

2.15.3 ***KLasQuad*** bzw. ***KnoLaQuad***

Mit dem Kommando *KLasQuad* werden in einem Quadergebiet Knotenlasten für die Knoten der durch *SetEleSel* ausgewählten Elemente generiert. [5]

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
$\vec{P}$	V	Belastungsvektor.
K_{Last}	I	Belastungskenner.
Lf	I	Lastfallnummer.
Q	I	Querschnittsgruppenfilter (0:Alle).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.133: Generierung von Knotenlasten

[5] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Berschreibung der Knotenlasten, Datenart 40

2.15.4 *KLasCir*

Mit dem Kommando *KLasCir* wird eine Punktlast über Knotenlasten mit linearer bzw. parabolischer Verteilung eingeleitet (⇒ Hertz'sche Pressung). [6]

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X}$	V	Ortsvektor des Ortes der Krafteinleitung.
$Mode_{Btl}$	I	Bauteilmodus:
		0: keine Einschränkung.
		1: Suche nur in Bauteilknoten.
		2: In Suche Bauteilknoten ausschliessen.
N_{Btl}	I	Bauteilnummer.
N_{Dir}	I	Suchrichtung:
		$\pm 1 \Rightarrow \pm X$-Richtung.
		$\pm 2 \Rightarrow \pm Y$-Richtung.
		$\pm 3 \Rightarrow \pm Z$-Richtung.
Lf	I	Lastfallnummer.
K_L	I	Belastungskenner (siehe NDA 40 [BHB]).
$\vec{L}$	V	Belastungsvektor.
R	R	Verteilungsradius.
K_{ver}	I	Lastverteilungsmodus:
		0: lineare Verteilung.
		1: quadratische Verteilung.

Tabelle 2.134: Generierung von verteilten Punktlasten

[6] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Knotenlasten, Datenart 40

2.15.5 *KLasCir2D*

Mit dem Kommando *KLasCir2* wird eine Punktlast über Knotenlasten mit linearer bzw. parabolischer Verteilung eingeleitet (⇒ Hertz'sche Pressung). [7]. Die belasteten Knoten liegen auf der x-y-Ebene des vorgegebenen Koordinatensystems. Die Suchrichtungstiefe in lokale z-Richtung ist wählbar. Es werden alle Knoten berücksichtigt, die innerhalb der auf die lokale x-y-Ebene projizierte Kreisscheibe liegen. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X}$	V	Ortsvektor des Ortes der Krafteinleitung.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
Lf	I	Lastfallnummer.
K_L	I	Belastungskenner (siehe NDA 40 [BHB]).
$\vec{L}$	V	Belastungsvektor.
R	R	Verteilungsradius.
δ_z	R	Beidseitige Gebietstiefe in ±z-Richtung (Zylindergebiet)
K_{ver}	I	Lastverteilungsmodus:
		0: lineare Verteilung.
		1: quadratische Verteilung.

Tabelle 2.135: Generierung von verteilten Punktlasten im Raum

[7] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Knotenlasten, Datenart 40

2.15.6 ***FLasCir***

Mit dem Kommando *FLasCir* werden in einem Kreisringgebiet Flächenlasten für vorgegebenen Flächenelemente generiert. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
$\vec{X}$	V	Mittelpunkt des Kreisringes im lokalen Koordinatensystem.
r_i	R	Innenradius des Kreisrings.
r_a	R	Außenradius des Kreisrings.
δ_z	R	Suchtiefe in z-Richtung.
Lf	I	Lastfallnummer.
K_{Last}	I	Belastungskenner (siehe NDA 44 im Handbuch *B&B* [BHB]).
$\vec{P}$	V	Belastungsvektor.

Tabelle 2.136: Generierung von Flächenlasten im Kreisring

2.15.7 *FLasQuad*

Mit dem Kommando *FLasQuad* werden in einem Quadergebiet Flächenlasten für vorgegebenen Flächenelemente generiert. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
Lf	I	Lastfallnummer.
K_{Last}	I	Belastungskenner (siehe NDA 44 im Handbuch *B&B* [BHB]).
$\vec{P}$	V	Belastungsvektor.
Q_A	I	Querschnittsgruppenfilter (von Querschnittsgruppe / 0:Alle).
Q_E	I	Querschnittsgruppenfilter (bis Querschnittsgruppe / 0:Alle).
$\vec{F}_i$	I	Vektor der Interpolationsfunktionen (siehe Abschnitt 1.9).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.137: Generierung von Flächenlasten

Anmerkung: Die Parameter der zweiten Gruppe sind optional.

2.15.8 *FLasQuadEben*

Mit dem Kommando *FLasQuadEben* werden in einem Quadergebiet Flächenlasten für vorgegebenen Flächenelemente generiert. Diese Flächenlasten werden ausgehend von einem vorzugebenden Lastvektor in die Elementebene projiziert (typische Anwendung ist z.B. die Generierung von Wandreibungslasten im Auslauftrichter eines Silos). Die projizierten Lasten werden bei der Generierung auf den Betrag des vorgegebenen Lastvektors skaliert.

Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
Lf	I	Lastfallnummer.
$\vec{P}$	V	Belastungsvektor.
Q_A	I	Querschnittsgruppenfilter (von Querschnittsgruppe / 0:Alle).
Q_E	I	Querschnittsgruppenfilter (bis Querschnittsgruppe / 0:Alle).
F_i	I	Vektor der Interpolationsfunktionen (siehe Abschnitt 1.9).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.138: Generierung von Flächenlasten in Elementebene

Anmerkung: Die Parameter der zweiten Gruppe sind optional.

Im nachfolgend dargestellten Beispielen werden Flächenlasten in den Flächen der Aussteifungen eingeleitet. Dabei wird entlang der Projektionsrichtung die vorgegebene Flächenlast in den lokalen Richtungen der Flächenelemente eingeleitet.

Beispiel 1:

Die folgende Skriptdatei erzeugt in den Silosteifen der Querschnittsgruppe 6 (siehe Abbildung 2.25) vertikale Flächenlasten (siehe Abbildung 2.26). Die lokalen Koordinatensysteme in den Elementen werden durch die blaue 1-Richtung bzw. die rote 2-Richtung dargestellt.

```
add Silo-Netz-fein.ein
#            -Gebiet----------------------------------------- LF Ordinate   QGa QGe
flasquadeben 0. 0. 0.  8000. 8000.  8000. 8000.   8000. 8000.  1 0.  0. 10.  6   6
write Lasttest.ein
```

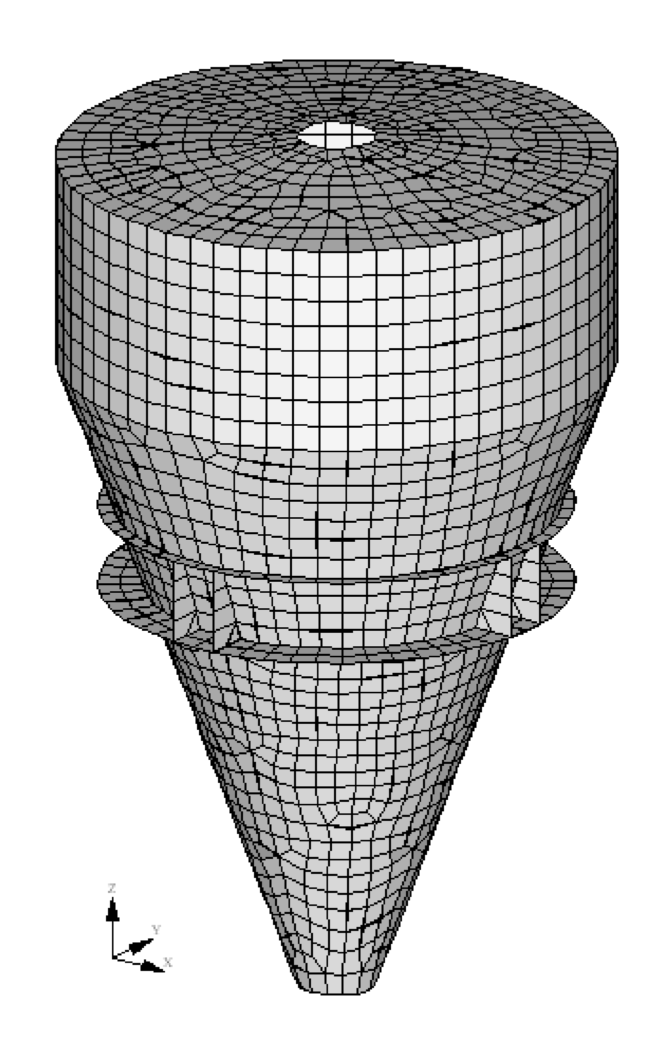


Abbildung 2.25: Silo mit ausgesteiften Ringsteifen

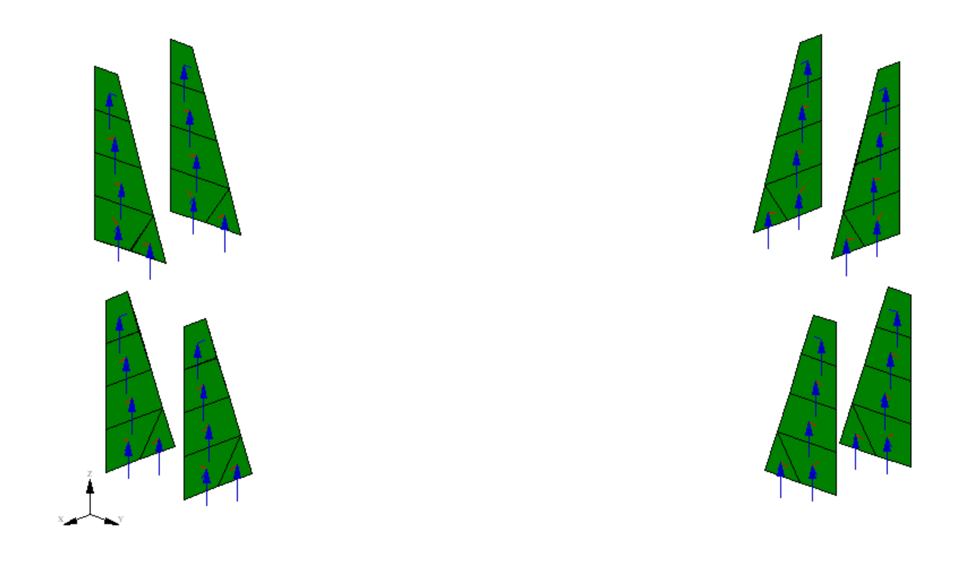


Abbildung 2.26: Generierte Flächenlasten in Steifenblechen

Beispiel 2:

Die folgende Skriptdatei erzeugt im Silokegel, der Querschnittsgruppe 1 (siehe Abbildung 2.25), Reibungslasten auf dem Kegelmantel (siehe Abbildung 2.27). Die lokalen Koordinatensysteme in den Elementen werden durch die blaue 1-Richtung bzw. die rote 2-Richtung dargestellt.

```
add Silo-Netz-fein.ein
#            -Gebiet----------------------------------------- LF Ordinate   QGa QGe
flasquadeben 0. 0. 0.  8000. 8000.  8000. 8000.   8000. 8000.  1 0.  0. 10.  1   1
write Lasttest.ein
```

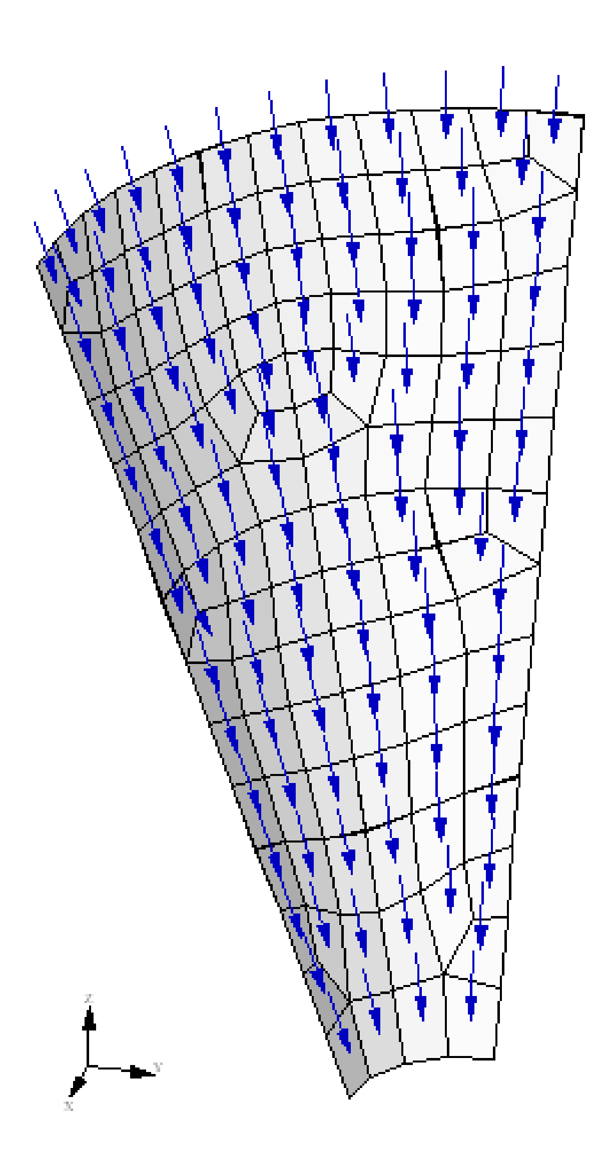


Abbildung 2.27: Generierte Flächenlasten (Reibungslasten) auf Silokegelmantel

2.15.9 *FLasZyl*

Mit dem Kommando *FWindLasZyl* werden Flächenlasten auf ein Zylindergebiet aufgebracht. Das Kommando kann verwendet werden um z.B. Innendruck auf ein Rohr-Modell oder Windlasten nach DIN 1055 Teil 4 auf ein Schornstein-Modell aufzubringen. Die zum einen konstanten zum anderen in Umfangrichtung variierenden Flächenlasten können über die Höhe zudem mit einer Interpolationsfunktion skaliert werden (siehe Abschnitt 1.9).

Bei Flächenlastgenerierung nach DIN 1055 Teil 4 ist die Wirkungsrichtung des Windes in Richtung der negativen lokalen x-Achse. Zur Berechnung der Lastordinate wird der polare Winkelwert des Elementschwerpunktes eines Elementes herangezogen.

Die Modellelemente werden mit dem Kommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) und zusätzlich optional mit einem Zylindergebiet ausgewählt. [8]

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
R	R	Radius des Zylindergebiets.
Z_u	R	z-Koordinaten des Zylinderfußes.
Z_o	R	z-Koordinaten des Zylinderkopfes.
ϵ_R	R	Radiale Abweichung ($R \pm \epsilon_R$.
N_{Lf}	I	Lastfallnummer.
K_L	I	Lastkenner.
$\vec{P}$	V	Lastvektor.
N_{Ip}	I	Nummer der Interpolationsfunktion (0:keine).
N_{Typ}	I	Lasttyp:
		0: In Umfangrichtung konstante Flächenlasten.
		1: Lastverteilung nach DIN 1055 Teil 4.
		(siehe auch Abschnitt 2.15.10)

Tabelle 2.139: Generierung von Flächenlasten im Zylindergebiet

Beispiel: Windlast auf Schornstein

In nachfolgendem Beispiel werden zunächst mit dem Befehl *SetDIN1055T4* (siehe Abschnitt 2.15.10) die Parameter der Windlastverteilung nach DIN 1055 Teil 4 gesetzt. Im zweiten Schritt werden alle Querschnittsgruppen ausgewählt, d.h. der Elementefilter *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) wird deaktiviert, da die Elemente ausschließlich über das Zylindergebiet eingefangen werden sollen. Im dritten Schritt werden unter Bezug auf die Parameter der Windlastverteilung (*SetDIN1055T4*) Elemente ausgewählt und ihnen die

[8] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Flächenlasten, Datenart 44

Flächenlast der Windbelastung nach DIN 1055 Teil zugewiesen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass für die im Element konstante Flächenlast der Winkel in Zylinderkoordinaten des Elementschwerpunktes herangezogen wird um die Flächenlast zu bestimmen.

```
#==========================
# Windlasten nach DIN 1055
#==========================

# Windlastparameter nach DIN 1055 setzen
#             Alpha_A   Alpha_min  cp0_min  cp0_h   Psi
SetDIN1055T4  119.28     79.76    -1.881  -0.705   0.82

# Windlasten
#       KS    R      Z0     Z1     Eps      Lf   Lk   ----- L -----       Ip Di
SetEleSel 2 1-;
FLasZyl  0  556.    0.   49650.  10.      11    0    0.   0. -1.18e-3   0  1
```

Abbildung 2.28 zeigt die generierten Flächenlasten nach DIN 1055 Teil 4 in einem Horizonatlschnitt durch das Schornsteinmodell.

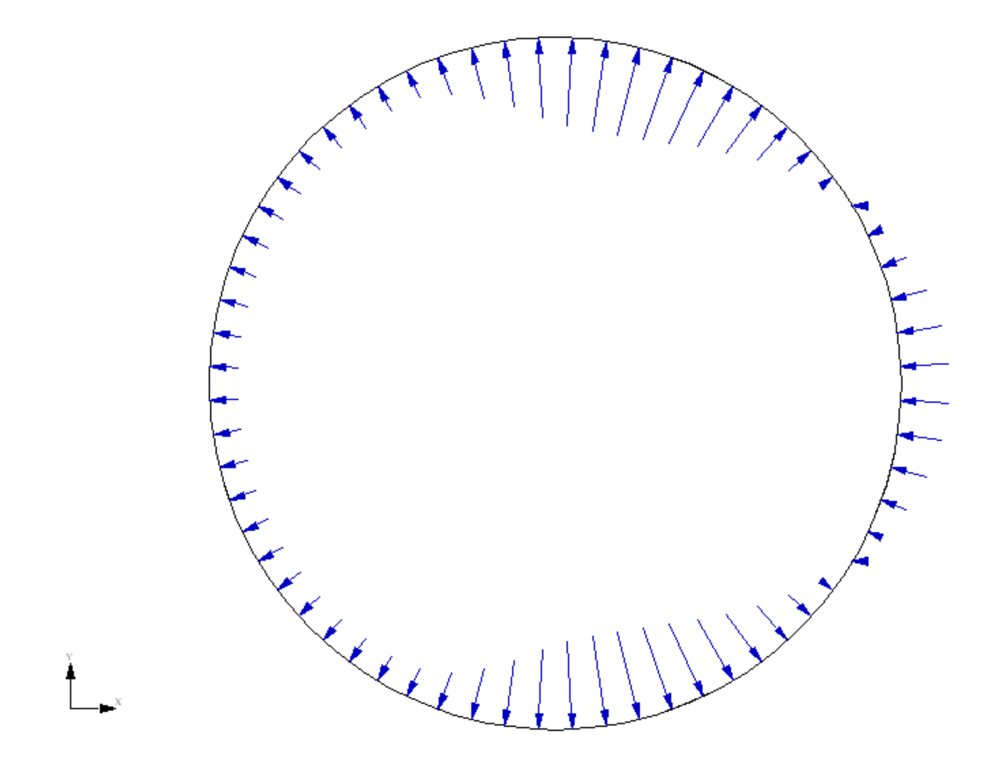


Abbildung 2.28: Generierte Flächenlasten (Reibungslasten) auf Schornsteinmantel im Schnitt

2.15.10 *SetDIN1055T4*

Mit dem Kommando *SetDIN1055T4* werden die Parameter der Windverteilung nach DIN 1055 Teil 4 vorgegeben. Diese Parameter werden bei Generierung der Flächenlasten im Zylindergebiet optional berücksichtigt (siehe Abschnitt 2.15.9).

Beispiel: Windlasten auf Schornsteinrohr in Castrop-Rauxel

Die Lastannahmen für Windlasten auf Schornsteine werden nach DIN 4133 [DIN4133] bzw. nach DIN 1055 Teil 4 [DIN1055] angesetzt. Nach DIN4133 ist z.B. die Zone II für den Aufstellungsort *Castrop-Rauxel* zu wählen.

Bei einer Schornsteinhöhe kleiner 50 m wird vereinfachend ein konstanter Staudruck q_S auf den Schornsteinmantel nach Gleichung (A.3) wie folgt angesetzt.

$$\begin{aligned} q_S &= 0,75 \cdot (1 + h/100) \cdot q_0 \\ q_S &= 1,18\ kN/m^2 \end{aligned} \tag{2.1}$$

mit $q_0 = 1,05\ kN/m^2$ für Zone II (norddeutsche Tiefebene).

Die Windlast auf ein Element des Schornsteinaussenrohrs ergibt sich nach (A.1) [DIN4133] aus Gleichung 2.2.

$$p_i = c_{fi} \cdot q_i \tag{2.2}$$

mit: p_i, der Flächenlast auf Element i,
c_{fi}, dem bezogenen aerodynamischen Kraftbeiwert des Elements i,
q_i, dem Staudruck auf das Element i.

Für Schornsteine mit einer Höhe kleiner 50 m kann nach (A.3) [DIN4133] ein über die Höhe konstanter Staudruck, d.h. $q_i = q_S\ \forall\ i$ (siehe Gleichung 2.1) angesetzt werden.

Die radiale Verteilung der Amplitude des aerodynamischen Kraftbeiwerts c_{fi} wird bestimmt durch die Reynodszahl R_e (siehe [DIN1055] Tabelle 15 bzw. Bild 13).

$$R_e = \frac{v \cdot d}{1,5 \cdot 10^{-5}} = \frac{40\sqrt{1,18} \cdot 49,65}{1,5 \cdot 10^{-5}} = 3,25 \cdot 10^{-6} \tag{2.3}$$

Die aus der in Bild 13 [DIN1055] gegebenen Parameterfunktion der Reynoldszahl führen zu den folgenden interpolierten Werten (siehe Tabelle 2.140).

Der Abminderungsfaktor ψ folgt aus Bild 14 [DIN1055] mit

$$\lambda = 0,7 \cdot 49,65/1,12 = 31,03 \quad \Rightarrow \psi = 0,82. \tag{2.4}$$

R_e	α_{min}	c_{p0min}	α_A	c_{p0}
$3,25 \cdot 10^{-6}$	79,76	-1.881	119,28	-0,705

Tabelle 2.140: Parameter der c_f-Verteilungsfunktion

Die Berücksichtigung von Schwingungseinwirkungen (siehe [DIN4133] A.2) erfolgt quasi-statisch über den Böenfaktor

$$\varphi_B = \varphi_{B0} \cdot \eta. \tag{2.5}$$

Für den Größenfaktor bei Schornsteinhöhen kleiner 50 m gilt: $\eta = 1$.

In nachfolgender Tabelle 2.141 werden die Parameter des Befehls zusammengestellt und erläutert.

Parameter	Typ	Beschreibung
α_A	R	Winkelverteilungsparamter nach [DIN1055]
$\alpha_m in$	R	Winkelverteilungsparamter nach [DIN1055]
c_{p0min}	R	Staudruckordinate nach [DIN1055]
c_{p0}	R	Staudruckordinate nach [DIN1055]
ψ	R	Abminderungsfaktor nach [DIN1055]

Tabelle 2.141: Parameter der Windlastverteilung nach DIN 1055 Teil 5

2.15.11 *VLasQuad*

Mit dem Kommando *VLasQuad* werden in einem Quadergebiet Volumenlasten für vorgegebenen Elemente generiert. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
Lf	I	Lastfallnummer.
$\vec{P}$	V	Belastungsvektor.
Q_A	I	Querschnittsgruppenfilter (von Querschnittsgruppe / 0:Alle).
Q_E	I	Querschnittsgruppenfilter (bis Querschnittsgruppe / 0:Alle).
F_i	I	Vektor der Interpolationsfunktionen (siehe Abschnitt 1.9).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.142: Generierung von Volumenlasten

Anmerkung: Die Parameter der zweiten Gruppe sind optional.

2.15.12 *VLasTotal*

Mit dem Kommando *VLasTotal* werden für alle Elemente Volumenlasten in Richtung des vorgegebenen Vektors angesetzt. Der Belastungsvektor skaliert die Eigengewichtskraft, die sich aus dem Produkt von Wichte und Elementvolumen ergibt. Es werden Datensätze der Datenart 43 generiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
Lf	I	Lastfallnummer.
$\vec{P}$	V	Belastungsvektor.

Tabelle 2.143: Generierung von Volumenlasten für alle Elemente

Anmerkung:
Mit diesem Kommando kann Eigengewicht für alle Element sehr effizient modelliert werden.

2.15.13 *BLasQuad*

Mit dem Kommando *BLasQuad* werden in einem Quadergebiet Balkenlasten für vorgegebenen Balkenelemente generiert. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden. [9]

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
Lf	I	Lastfallnummer.
K_{Last}	I	Belastungskenner.
S_A	R	Relative Längskoordinate des 1. Lastangriffspunktes am Knoten A.
P_A	R	Belastungswert am 1. Lastangriffspunkt bei Knoten A.
S_B	R	Relative Längskoordinate des 2. Lastangriffspunktes am Knoten B.
P_B	R	Belastungswert am 2. Lastangriffspunkt bei Knoten B.
Q_A	I	Querschnittsgruppenfilter (von Querschnittsgruppe / 0:Alle).
Q_E	I	Querschnittsgruppenfilter (bis Querschnittsgruppe / 0:Alle).
F_i	I	Interpolationsfunktionen (siehe Abschnitt 1.9).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).

Tabelle 2.144: Generierung von Balkenlasten

Anmerkung: Die Parameter der zweiten Gruppe sind optional.

[9] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Balkenlasten bzw. Linienbelastungen, Datenart 46

2.15.14 *TLasQuad*

Mit dem Kommando *TLasQuad* werden in einem Quadergebiet Temperaturlasten für vorgegebenen Elemente generiert. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden. [10]

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
Lf	I	Lastfallnummer.
T_S	R	Temperatur in Schwerachse.
DT_2	R	Temperatur bzg. $\overline{y}$-Achse.
DT_3	R	Temperatur bzg. $\overline{z}$-Achse.
D_2	R	Bezugsdicke für DT_2.
D_3	R	Bezugsdicke für DT_3.
$\vec{F}_i$	I	Vektor der Interpolationsfunktionen (siehe Abschnitt 1.9).

Tabelle 2.145: Generierung von Temperaturlasten

[10] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Temperaturlasten, Datenart 47

2.15.15 *HDruckQF*

Mit dem Kommando *HDruckQF* werden Flächenlasten auf Flächenelementen generiert. Die Flächenlasten ergeben sich aus der Druckverteilung eines Hydrostatischen Druckprofils, das durch Vorgabe der Dichte und der Flüssigkeitssäulenhöhe bestimmt wird. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden.[11] Der Druckgradient ist in negativer lokaler z-Richtung orientiert.

Parameter	Typ	Beschreibung
ρ	R	Wichte des Materials.
h_0	R	Starthöhe, d.h. *oben* (Druck = 0).
h_1	R	Endhöhe, d.h. *unten* (Druck maximal).
		Elemente, deren Schwerpunkt nicht zwischen h_0 und h_1 liegt, werden nicht mit Druck belegt.
Lf	I	Lastfallnummer.
K_{Last}	I	Belastungskenner.
N_{KSys}	I	Lokales Koordinatensystem (0:global)
Q_A	I	Querschnittsgruppenfilter (von Querschnittsgruppe / 0:Alle).
Q_E	I	Querschnittsgruppenfilter (bis Querschnittsgruppe / 0:Alle).
K_{FDir}	I	Flächenrichtungskenner:
		+1 : +3-Richtung.
		−1 : −3-Richtung.

Tabelle 2.146: Generierung von Flächenlasten aus hydrostatischem Druck

[11]Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Flächenlasten, Datenart 44

2.15.16 *MLasGrp*

Mit dem Kommando *MLasGrp* wird ein Moment in Form von Flächenlasten aufgebracht. Das Kommando unterstützt zur Zeit nur die Faltwerkelemente. Das Schalenelement 217 wird noch nicht unterstützt.

Die Flächenelemente der vorgegebenen Material- bzw. Querschnittsgruppe werden zur Lasteinleitung des Moments berücksichtigt. Es werden Flächenlasten nach einer liniearen Verteilung auf die ausgewählten Elemente aufgebracht und in Summe auf das vorgegebene Moment skaliert. Die Skalierung der Flächenlasten wird nachfolgend erläutert:

$$M_i = p_i * A_i * r_i \tag{2.6}$$

$$p_i = \frac{p_0 * r_i}{r_0} \tag{2.7}$$

$$s_0 = \frac{p_0}{r_0} \tag{2.8}$$

$$M_{ges} = \sum_{i=1}^{i=N} s_0 * A_i * r_i^2 = s_0 * \sum_{i=1}^{i=N} A_i * r_i^2 \tag{2.9}$$

mit:

M_i : Moment am Schwerpunkt des Elements i.
p_i : Flächenlast am Element i.
r_i : Abstand des Elementschwerpunktes von Drehachse.
A_i : Fläche des Elements i.
r_0 : Skalierungsabstand.
p_0 : Skalierungsdruck.
s_0 : Skalierungsparameter. Ist in Berechnung zu ermitteln.
M_{ges} : Gesamtmoment, d.h. aufzubringendes Moment.

Die Flächenlast p_i zum Element i berechnet sich infolgedessen zu:

$$s_0 = \frac{M_{ges}}{\sum_{i=1}^{i=N} A_i * r_i^2} \tag{2.10}$$

$$p_i = s_0 * r_i \tag{2.11}$$

Parameter	Typ	Beschreibung
G_{Typ}	I	Gruppentyp:
		0: Materialgruppe.
		1: Querschnittgruppe.
N_{Grp}	I	Gruppennummer.
M_{ges}	R	Aufzubringendes Moment.
N_{Dir}	I	Kenner für Laständerung (senkrecht zur Drehachse, z.Zt. nur global:
		(0 ⇒ X / 1 ⇒ Y / 2 ⇒ Z)
X_{org}	R	Nullpunktskoordinate auf Laständerungsrichtung.
N_{Lf}	I	Lastfallnummer.
K_{Last}	I	Belastungskenner.

Tabelle 2.147: Generierung von Flächenlasten aus Moment

2.15.17 *MLasQuad*

Mit dem Kommando *MLasQuad* wird ein Moment in Form von Flächenlasten aufgebracht. Das Kommando unterstützt zur Zeit nur die Faltwerkelemente. Das Schalenelement 217 wird noch nicht unterstützt. Die Drehachse des Moments ist stets die X-Achse des verwendeten Koordinatensystems (lokal oder global).

Die Flächenelemente der Querschnittsgruppe bzw. der Selektion durch *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1), die im vorgegebenen lokalen Quadergebiet liegen, werden zur Lasteinleitung des Moments berücksichtigt. Es werden Flächenlasten nach einer liniearen Verteilung auf die ausgewählten Elemente aufgebracht und in Summe auf das vorgegebene Moment skaliert. Die Skalierung der Flächenlasten wird in Abschnitt 2.15.16 erläutert.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
N_{Lf}	I	Lastfallnummer.
N_{Qv}	I	von Querschnittsgruppe (0: alle Querschnittsgruppen).
N_{Qb}	I	bis Querschnittsgruppe (0: eine oder alle Querschnittsgruppen).
M_{ges}	R	Aufzubringendes Moment.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
K_{Last}	I	Belastungskenner.

Tabelle 2.148: Generierung von Flächenlasten aus Moment im Quadergebiet

In Abbildung 2.29 wird in einem lokalen Koordinatensystem ein Moment in Form von Flächenlasten auf einer Platte aufgebracht.

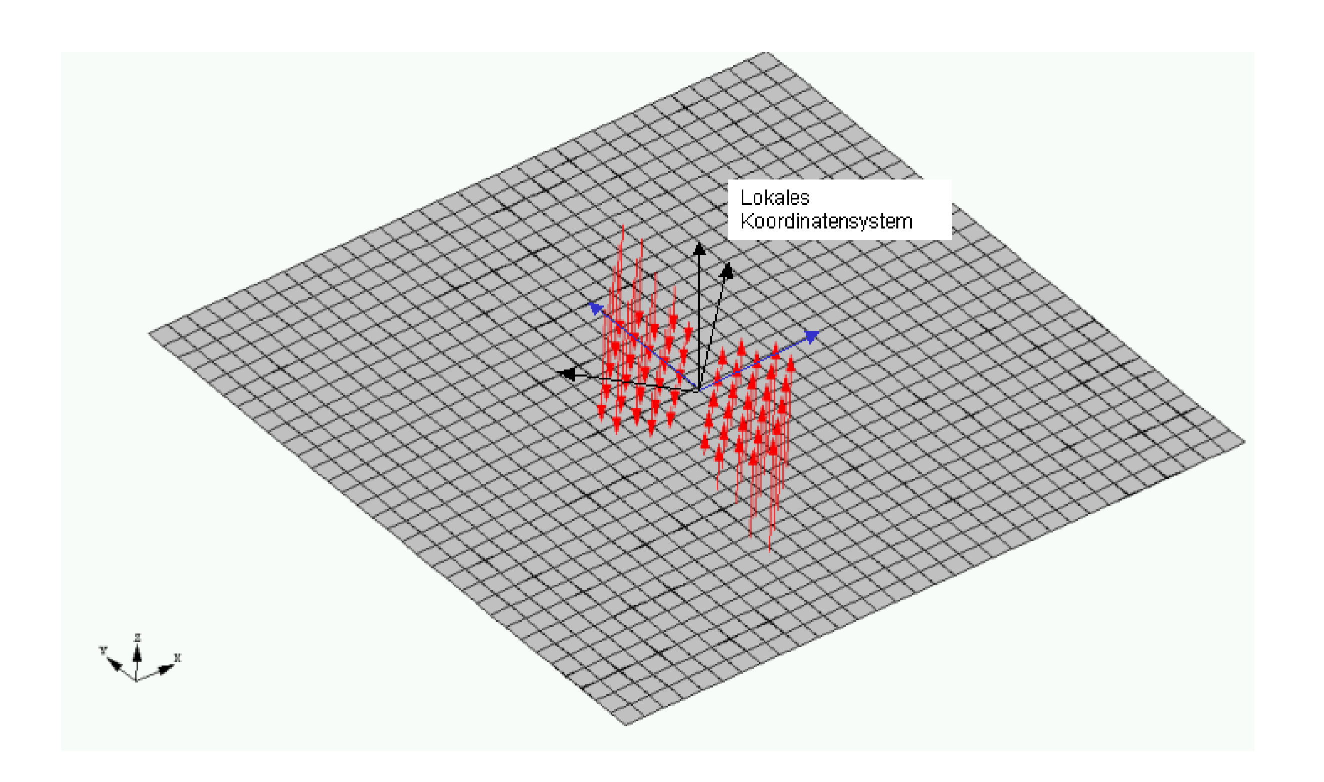


Abbildung 2.29: Flächenlasten aus Moment im Quadergebiet

```
add MLasQuadBsp.ein
# lokales Koordinatensystem
# liegt im Mittelpunkt der Fläche, um 45 Grad mathematisch positiv gedreht
#       nKS   usx1  usx2  usx3    p1x1   p1x2   p1x3  p2x1  p2x2   p2x3
setksys 1      4.0   4.0   0.0     5.0    5.0      0   4.0   5.0    0.0

# Moment
#Elementlaenge = 0,25 * 4 = +/- x1 bzw. x2 = 1,0
# nur die inneren 16 Elemente sollen berücksichtigt werden
#        xm1  xm2  xm3 +x1 -x1   +x2 -x2   +x3 -x3  nL qa qe    dM ks ke
mlasquad   4    4    0 1.0 1.0   1.0 1.0   0.5 0.5   1  0  0  1000. 1  1

# und schreiben
write MLasQuadBspErg.ein
```

2.15.18 *FSnkQuad*

Mit dem Kommando *FSnkQuad* wird eine Schnittkraft in Form von Flächenlasten aufgebracht. Das Kommando unterstützt zur Zeit nur die Faltwerkelemente. Das Schalenelement 217 wird noch nicht unterstützt.

Es werden zunächst alle Flächen der Flächenelemente in der Elementauswahl aufaddiert. Die Flächenlast wird aus den vorgegebenen Kräften und der Gesamtfläche ermittelt. Die Selektion der Flächenelemente erfolgt neben der Vorgabe des Quadergebiets mit dem Kommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
N_{Lf}	I	Lastfallnummer.
$\vec{P}$	V	Belastungsvektor.

Tabelle 2.149: Generierung von Flächenlasten aus globalen Kräften im Quadergebiet

2.15.19 *ETelLin*

Mit dem Kommando *ETELLIN* wird in einer Koordinatenrichtung ausgehend von einem Punkt Z_1 zu einem Punkt Z_2 ein lineares Temperaturprofil über die gefundenen Elemente der Struktur gelegt. Die Interpolation erfolgt in lokaler bzw. globaler (siehe Abschnitt 2.6.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
Lf	I	Lastfallnummer.
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
Z_1	R	Startkoordinaten.
Z_2	R	Zielkoordinate.
T_1	R	Starttemperatur.
T_2	R	Zieltemperatur.
DT3	R	Temperaturdifferenz bzgl. $\bar{z}$- Achse.
D3	R	Bezugsdicke für DT3.
BTL	I	Selektion über Bauteilnummer (0:alle).
Mode	I	0 : Außerhalb des Intervalls konstante Temperatur (T1 bzw. T2).
		1 : Außerhalb des Intervalls Temperatur = 0.
SEL	I	Selektion über Kommando *SetEleSel* (0:nein / 1:ja).

Tabelle 2.150: Elementtemperaturen

Bemerkung:

In älteren Versionen wurden nur die Richtungen der Koordinatenachsen unterstützt. Weicht die Interpolationsrichtung von der Z-Richtung ab, ist ein entsprechendes lokales Koordinatensystem festzulegen.

2.15.20 *EleInterX*

Mit dem Kommando *EleInterX* werden Elementtemperaturen auf der Basis der festgelegten kubischen Interpolatoren generiert (siehe Abschnitt 2.6.4). Der erste Satz der Stützwerte wird hierbei als Elementschwerpunkttemperatur (T_S) der zweite Satz als Temperaturdifferenz zwischen den Oberflächentemperaturen (DT_3) interpretiert. Die Elemente der Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden.

Es sind die folgenden Anwendungen des Kommandos vorgesehen:

1. Anwendung eines Interpolators.

2. Anwendung eines Bereichs vorgegebener Interpolatoren (von,bis).

3. Wiederholtes Anwenden eines Interpolatorbereichs durch (N_{Inc}) Inkremente. Hierbei wird linear interpoliert zwischen den Startinterpolatoren und den Zielinterpolatoren. Bei der Interpolation zwischen den Interpolatoren ist darauf zu achten, dass die entsprechenden Start- und Zielinterpolatoren im selben Koordinatensystem vorgegeben werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Lf}	I	Nummer des Lastfalls.
$N_{v,A}$	I	Nummer des ersten Startinterpolators.
$N_{b,A}$	I	Nummer des letzten Startinterpolators (optional).
$N_{v,Z}$	I	Nummer des ersten Zielinterpolators (optional).
N_{Inc}	I	Anzahl der Inkrementierungen.

Tabelle 2.151: Generieren von interpolierten Elementtemperaturen

In nachfolgendem Beispiel wird der Schubboden (siehe Abbildung 2.30) mit einem interpolierten Temperaturfeld belegt. Dabei ist die Temperatur an den oberen Ecken des Gebiets 1000°C entlang einer Kante sowie von 800°C abfallend auf 200°C entlang der gegenüberliegenden Kante. Am Boden des Gebiets wird eine entsprechende Temperaturverteilung angenommen. Die Temperaturlasten werden mit einem Interpolator und dem Kommando *EleInterX* generiert.

```
# Interpolator
#       Nr KS  ->Q      - x --- - y ---  - z --  R1: Ts
InterPQ  1  0  0. 0. 0. 3271. 1. 578. 1. 342. 1. 1000. 1000. 800. 200. 200. 200. 100.  50.

# Interpolieren
#         Lf IQv IQb
EleInterX  5  1   1
```

In Abbildung 2.30 werden die Elementschwerpunkttemperaturen visualisiert.

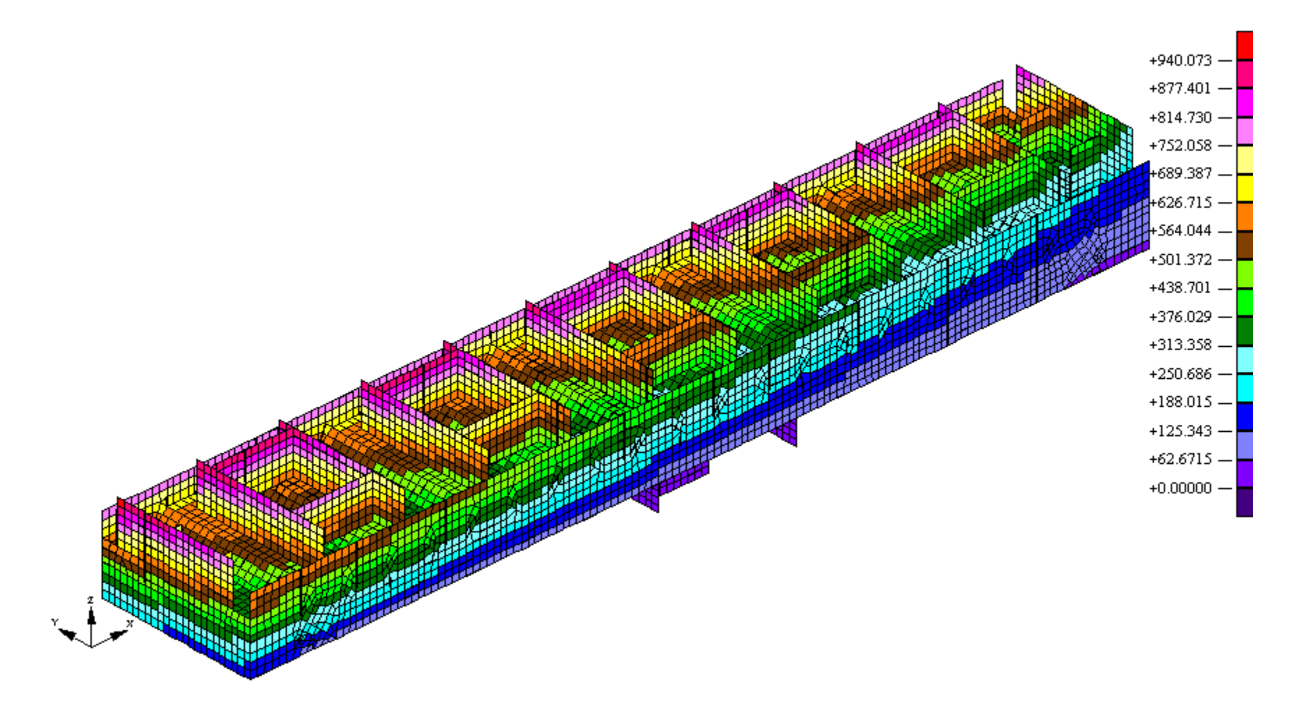


Abbildung 2.30: Q-Interpoliertes Temperaturfeld

2.15.21 *VSpaQuad*

Mit dem Kommando *VSpaQuad* werden in einem Quadergebiet Vorspannungen bzw. Vordehnungen für vorgegebenen Elemente generiert. Die Elemente für die Lastgenerierung können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden [12].

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
Lf	I	Lastfallnummer.
KE	I	Kenner:
		0: Vorspannkraft,
		1: Vordehnung,
		2: Elementvorverformung am Knoten 1 (Linienelemente),
		3: Elementvorverformung am Knoten 2 (Linienelemente).
ZV_1	R	Vorspannung, Vordehnung, Elementvorverformung in lokale x-Richtung.
ZV_2	R	Vorspannung, Vordehnung, Elementvorverformung in lokale y-Richtung.

Tabelle 2.152: Generierung von Vorspannungen, Vordenhnungen, Vorverformungen

[12]Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Vorspannungen in Datenart 48

2.15.22 *RndSpaKLas2*

Mit dem Kommando *RndLasSpa2* wird eine vorgegebene lineare Spannungsverteilung auf die Ränder von Flächenelementen eingeleitet. Es werden die Element ermittelt, die in einem vorgegebenen Koordinatensystem (lokal oder global) normal zur lokalen x-Achse ausgerichtet sind und deren eine Elementkante in der y-z-Ebene des Koordinatensystems liegt. Die Randspannung wird in z-Richtung vorgegeben. Der Spannungswert in Elementkantenmitte wird über die Schnittfläche zur Kraft aufintegriert je zu Hälften als Knotenlasten der Elementkantenknoten eingeleitet.[13]

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
Lf	I	Lastfallnummer.
ΔR_x	R	Fangradius in lokaler x-Richtung.
ΔR_y	R	Fangradius in lokaler y-Richtung.
ΔR_z	R	Fangradius in lokaler z-Richtung.
σ_{z+}	R	Spannung am Fanggebietrand in positiver z-Richtung.
σ_{z-}	R	Spannung am Fanggebietrand in negativer z-Richtung.

Tabelle 2.153: Generierung von Randspannungslasten

[13]Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Knotenlasten in Datenart 40.

In nachfolgendem Beispiel wird ein Randmoment auf einen Kastenträger aufgebracht.

```
add KASTEN-1.ein

# >> Z-Richtung ist Lastverteilungsrichtung
#          Ursprung X-Richtg. Y-Richtg.
SETKSys 1  750 0 0   850 0 0  750 100 0

### 1. Ebene mit Spannung setzen
#            KS  Lf  dX   dY  dZ     Sig+ Sig-
RndSpaKLas2  1   2   1   71  141     100  -100
write Kasten-1P.ein
```

Abbildung 2.31 zeigt Umsetzung einer Randspannung aus einem Randmoment in Knotenlasten.

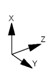
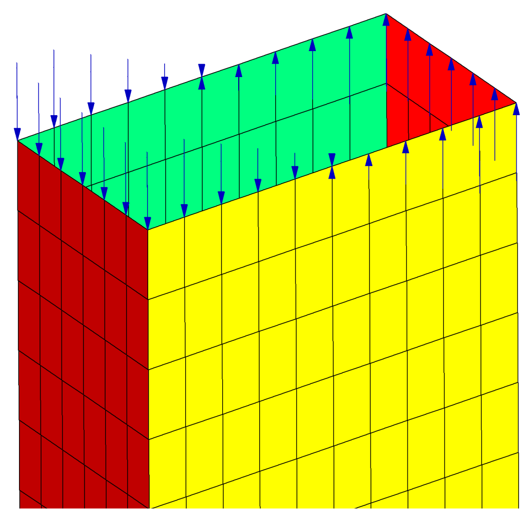



Abbildung 2.31: Moment aus Randspannungen

2.15.23 *AddKombD*

Mit dem Kommando *AddKombD* werden aus den generierten Lastfällen Linearkombinationen gebildet. Das Format entspricht dem *B&B*-Format der Datenart 49. [14].

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Kb}	I	Nummer der Kombination.
Lf_1	I	1. Lastfall: Nummer
Fk_1	R	1. Lastfall: Faktor
Lf_2	I	2. Lastfall: Nummer
Fk_2	R	2. Lastfall: Faktor
Lf_3	I	3. Lastfall: Nummer
Fk_3	R	3. Lastfall: Faktor
Lf_4	I	4. Lastfall: Nummer
Fk_4	R	4. Lastfall: Faktor
Lf_5	I	5. Lastfall: Nummer
Fk_5	R	5. Lastfall: Faktor

Tabelle 2.154: Generierung von Linearkombinationen

[14] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Linearkombinationen aus Lastfällen in Datenart 49

2.15.24 *KZwaPkt*

Mit dem Kommando *KZwaPkt* wird eine Einzelzwangsverformung auf einem Knoten mit vorgegebenen Koordinaten generiert. Der Knotenpunkt wird mit einer vorgegebenen Unschärfe eingefangen. Wird keine Knoten gefunden, so wird keine Verformung generiert. [15]. Wird ein Knoten im Gebiet gefunden, so wird er auf die vorgegebenen Koordinaten geschoben.

Parameter	Typ	Beschreibung
$\vec{X}$	R	Ortsvektor des Punktes (X, Y, Z).
ϵ	R	Fangradius.
Lf	I	Lastfallnummer.
K_{Last}	I	Verformungskenner (siehe *B&B*-Handbuch: Knotenlasten, *NDA45*).
$\vec{P}$	R	Verformungsvektor (P_x, P_y, P_z bzw. ϕ_x, ϕ_y, ϕ_z).

Tabelle 2.155: Punktzwangsverformungen auf Knoten

[15] Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Beschreibung der Zwangsverformungen, Datenart 45

2.15.25 *ZLasQuad* bzw. *ZwaLaQuad*

Mit dem Kommando *ZLasQuad* werden in einem Quadergebiet Zwangsverformungen für die Knoten der durch *SetEleSel* ausgewählten Elemente generiert. Die Zwangsverformung wird in Z-Richtung im gewählten lokalen Koordinatensystem angesetzt. [16]

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
$\vec{P}$	V	Verschiebungsbeträge
		[1]: Konstante Verschiebung
		[2]: Stich der Verschiebungsfunktion in lokale X-Richtung.
		[3]: Stich der Verschiebungsfunktion in lokale Y-Richtung.
K_{Last}	I	Belastungskenner.
Lf	I	Lastfallnummer.
Q	I	Querschnittsgruppenfilter (0:Alle).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (optional, 0:global).
$\vec{Fkt}$	V	Verschiebungsfunktionen in X- bzw. Y-Richtung (optional, 0:konstant).
		[1]: Nummer der Verschiebungsfunktion in lokale X-Richtung
		[2]: Nummer der Verschiebungsfunktion in lokale Y-Richtung
		1: Cosinus-Funktion um den Mittelpunkt in beider Richtungen

Tabelle 2.156: Generierung von Zwangsverforumungen

Beispiel Cosinus-förmigen Zwangsverformung

In nachfolgendem Beispiel wird eine Platte der Dimension 100x100 mit einer konstanten Zwangsverformung von 5 mm und einer in beide Querrichtungen (X,Y) angesetzten Cosinus-Funktione mit Stich von 5 mm belegt.

In nachfolendem Skript wurde die **LUA**-Variante gewählt.

```
trace 2
format 1

lua>
eps = 0.01
Lng = 100.

r,s = btlcmd("SetPrjTxt",0,"Test ZWAFLAQUAD: Zwangsverformungen")
r,s = btlcmd("SetPrjTxt",1,"-")
r,s = btlcmd("SetPrjTxt",2,"240208")
r,s = btlcmd("SetNDA",13,9,0,1,"s","N","mm")
```

[16]Siehe auch Benutzerhandbuch [BHB]: Berschreibung der Zwangsverformungen, Datenart 45

```
r,s = btlcmd("Add","Platte.ein")
r,s = btlcmd("frgquad",   0., 0.,  0.,eps,eps, Lng+eps,eps, eps, eps,     1,1,0,1,1,0,0)
r,s = btlcmd("frgquad",   0., 0.,  0.,Lng+eps, eps, Lng+eps,eps, eps, eps,0,0,0,0,1,0,0)
--                        - Quad ----------------------------------------   - ZWA-- KE Lf Qg LK, Fkt-
r,s = btlcmd("zwalaquad", 0., 0., 0., Lng+eps, eps, Lng+eps, eps, eps, eps,  5.,5.,5.,1, 1, 0, 0, 1, 1)
<aul
write platte-t.ein
```

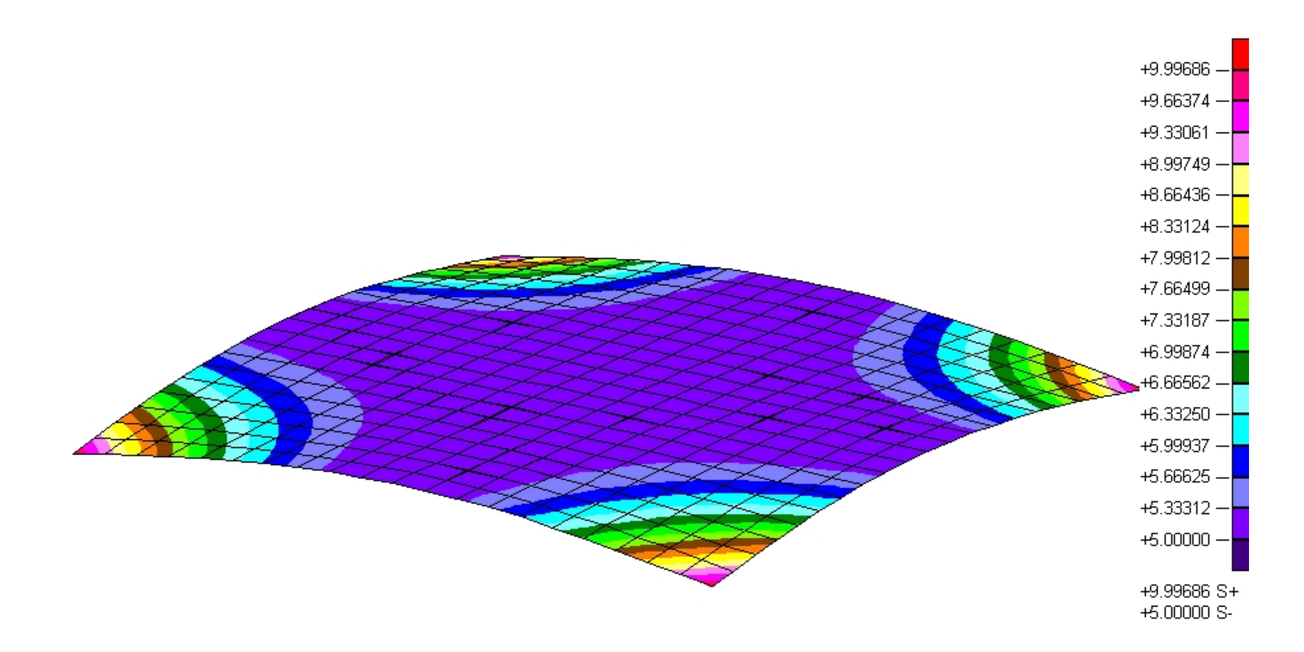


Abbildung 2.32: Cosinus-förmige Zwangsverformung

2.16 Kommandos zur Auswertung

Eine Ergebnisauswertung basiert auf einer *B&B*-Eingabedatei und einer dazu passenden Ergebnisdatei im *BBE*-Format. Wird keine *B&B*-Eingabedatei mit dem Kommando *Add* (siehe Abschnitt 2.4.6) geladen, können keine Ergebnisse ausgewertet werden

2.16.1 *List_Set_Filter*

Mit dem Kommando *List_Set_Filter* wird ein Filter mit vorgegebener Nummer gesetzt. Der Filterauswahltext ist nach Abschnitt 1.5 zu setzen. Nicht gefilterte Größen werden als nicht vorhanden betrachtet, so sind für eine Auswertung mindestens ein Elemente- und ein Lastfallfilter erforderlich.

Parameter	Typ	Beschreibung
Nr	I	Filternummer.
Typ	I	Filtertyp:
		0 : Der Filter wird deaktiviert.
		1 : Selektion der Elementnummern.
		2 : Selektion der Materialgruppennummern.
		3 : Selektion der Querschnittsgruppennummern.
		4 : Selektion der Bauteilnummern (vorgesehen).
		5 : Selektion der Knotennummern.
		6 : Selektion der Lastfallnummern.
		7 : Selektion der Quadergebiete.
		8 : Selektion der Eigenwerte.
S_{Sel}	S	Filtertext (siehe Abschnitt 1.5).
N_{Gew}	I	Gewichtsnummer. (0: kein Gewicht/Standard)[1]

Tabelle 2.157: Auswertefilter setzen

[1] Optional kein ein Gewicht vorgegeben werden (siehe Abschnitt **??**). Damit lassen sich bei Auswertungen gefilterte Größen gewichten, z.B. Gebiets- und Randlasten.

2.16.2 *Reset_Filter*

Mit dem Kommando *Reset_Filter* werden gesetzte Filter ausgeschaltet.

Parameter	Typ	Beschreibung
Typ	I	Filtertyp: $= 0$: Alle Filter werden deaktiviert. $\neq 0$: Alle Filter eines Typs deaktivieren.

Tabelle 2.158: Filter deaktivieren

2.16.3 *Log_Filter*

Mit dem Kommando *Log_Filter* werden die gesetzten Filter und Gebiete in der Datei *bubbautl.log* zur Kontrolle ausgegeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
Typ	I	Logtyp: $= 0$: Alle Filter und Gewichte werden ausgegeben (Standard). $= 1$: Alle Filter werden ausgegeben. $= 2$: Alle Gewichte werden ausgegeben.

Tabelle 2.159: Filter und Gebiete ausgeben

2.16.4 *Set_Gewicht*

Bei einigen Auswertebefehlen können Gewichte für ausgewählte Objektgruppen gesetzt werden (z.B. bei der Aufsummation von Kräften. Für Linienkräfte kann für die Randknoten das Gewicht $G = 0,5$ und für die Gebietsknoten das Gewicht $G = 1,0$ gesetzt werden.

Mit dem Kommando *Set_Gewicht* werden die Gewichte gesetzt. Es wird ein Gewichtsstatus (inaktiv/aktiv) und der Gewichtswert übergeben. Speziell können auch alle gesetzten Gewichte zurückgesetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Mode}	I	Verarbeitungskenner (0:Löschen / 1:Setzen)
N_{Nr}	I	Gewichtsnummer.(1)
G	R	Gewichtswert.

Tabelle 2.160: Auswertegewichte verwalten

(1) Werden Verabeitunskenner auf Löschen und Gewichtsnummer auf Null gesetzt ($N_{Mode} = 0$; $N_{Nr} = 0$), so werden alle Gewichte zurückgesetzt.

2.16.5 *Set_Bauteil*

Mit dem Kommando *Set_Bauteil* werden Elementselektionsdaten im *BTL*-Format als Elementfilterdaten übernommen. Die *BTL*-Dateien können interaktiv mit dem Programm *B&B-VIEW* generiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Btl}	I	Nummer des zu ladenden Bauteils.
F_{Btl}	S	Name der Bauteildatei.

Tabelle 2.161: Filter deaktivieren

In folgendem Beispiel werden 3 Bauteile einer *B&B*-Eingabe beschrieben. Die Bauteildatei wurde durch Bauteilreferenzierung und Bauteilexport im Programm *B&B-VIEW* generiert.

```
Bauteil 1
  sel 337-345;379-387;421-429;463-471;505-513;547-555;589-597;631-639;673-681;
  sel 715-723;757-765;799-807;841-849;883-891;925-933;967-975;1009-1017;1051-1059;
  sel 1093-1101;1135-1143;1177-1185;1219-1227;1261-1269;1303-1311;1345-1353;1387-1395;
  sel 1429-1437;1471-1479;1513-1521;1555-1563;1597-1605;1639-1647;1681-1689;1723-1731;
Bauteil 0

Bauteil 2
  sel 371-378;413-420;455-462;497-504;539-546;581-588;623-630;665-672;707-714;
  sel 749-756;791-798;833-840;875-882;917-924;959-966;1001-1008;1043-1050;1085-1092;
  sel 1127-1134;1169-1176;1211-1218;1253-1260;1295-1302;1337-1344;1379-1386;1421-1428;
  sel 1463-1470;1505-1512;1547-1554;1589-1596;1631-1638;1673-1680;1715-1722;1757-1764;
Bauteil 0

Bauteil 3
  sel 10-34;52-76;94-118;136-160;178-202;220-244;262-286;304-328;
Bauteil 0
```

2.16.6 *Set_Gebiet*

Mit dem Kommando *Set_Gebiet* werden Knotenselektionen aus der Bauteildatei eingelesen. Aus jeder Selektion eines Gebiets (siehe *B&B-VIEW*-Beschreibung [BBV]) wird ein entsprechender Knotenfiltersatz generiert. Diese Filtersätze können dann in einer entsprechenden Auswertung zur Selektion herangezogen werden.

Es ist darauf zu achten, dass mit Kommando *Set_Gewicht* (siehe Abschnitt 2.16.4) die angesprochenen Gewichte vereinbart werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Btl}	I	Nummer des Gebiets.
F_{Btl}	S	Name der Bauteildatei.

Tabelle 2.162: Übernahme eines Gebiets

In folgendem Beispiel werden 2 Gebiete einer *B&B*-Eingabe beschrieben. Die Bauteildatei wurde durch interaktives Festlegen des Gebiets im Programm *B&B-VIEW* generiert. Mit dem Kommando *srd* wird das Gewicht des Gebiets gesetzt. Das Kommando *skn* beschreibt die Knotenauswahl.

```
Gebiet 2
  srd 2
  skn 57;
  srd 1
  skn 58-63;
  srd 2
  skn 64;385-388;
  srd 1
  skn 404-406;
  srd 2
  skn 407;
  srd 1
  skn 423-425;
  srd 2
  skn 426;
Gebiet 0

Gebiet 3
  srd 1
  skn 1-4;
  srd 2
  skn 5;78;
  srd 1
  skn 79-83;
  srd 2
  skn 84;
  srd 1
  skn 100-102;
  srd 2
  skn 103;119-122;
Gebiet 0
```

2.16.7 *List_Set_File*

Mit dem Kommando *List_Set_File* werden die Dateien festgelegt, die in die Auswertung eingehen bzw. in der Auswertung geschrieben werden sollen.

Parameter	Typ	Beschreibung
BBE	S	Dateibezeichnung der *BBE*-Ergebnisdatei.
EXT	S	Dateibezeichnung der Liste oder *EXT*-Auswertedatei [1].
		In diese Datei werden Ergebnisse der Auswertung geschrieben.
TEX	S	Dateibezeichnung der *TEX*-Ausgabedatei [1,2].

Tabelle 2.163: Festlegen der Dateibezeichnungen

[1] Wird der Dateiname nicht vorgegeben, so wird dieser aus dem Namen der Ergebnisdatei unter Verwendung der Erweiterung *LST* bzw. *TEX* automatisch generiert.

[2] Die Ausgabe im LaTeX-Format wird z.Zt. nur teilweise unterstützt.

2.16.8 *List_Erg_Werte*

Mit dem Kommando *List_Erg_Werte* werden Ergebniswerte aus der *BBE*-Ergebnisdatei eingelesen und in sortierter Reihenfolge in einer Liste ausgegeben. Auswahlfilter können wahlweise gesetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
T_{Erg}	I	Ergebnistyp:
		1: Knotenverformungen.
		2: Auflagerkräfte.
		3: Elementspannungen.
		4: Knotenspannungen.(2)
K_{Erg}	I	Ergebniskomponente (siehe Tabelle 2.165 - 2.167).
K_{Sort}	I	Zu sortierende Komponente.(2)
N_{Sort}	I	Anzahl der auszugebenden sortierten Daten:
		$N_{Sort} = 0$: Keine Sortierung.
		$N_{Sort} > 0$: Anzahl der aufsteigend sortiert auszugebenden Daten.
		$N_{Sort} < 0$: Anzahl der absteigend sortiert auszugebenden Daten.
K_{Schw}	I	Kenner für Schwellwertaktivierung:
		0: Schwellwert inaktiv.
		1: Nur Ausgabe für Werte $> W_{Schw}$.
W_{Schw}	R	Schwellwert:
N_{Aus}		Ausgabeoption
		0 : Ausgabe als formatierte Liste mit Kopf
		1 : Ausgabe mit Leerzeichen getrennt
App	I	Kenner für Fortschreiben der Ergebnisliste.
		0 : Ergebnisliste wird neu erstellt (create)
		1 : Ergebnisliste wird fortgeschrieben (append)
N_V	I	Anzahl der Nachkommastellen (-1:optimiert)

Tabelle 2.164: Ausgabe der Ergebniswerte

(2) Optionen wurden noch nicht implementiert.

Verformungskomponenten:

Index	Beschreibung
0	Verformungsbetrag.
1	X-Transverformung.
2	Y-Transverformung.
3	Z-Transverformung.

Tabelle 2.165: Verformungskomponenten

Auflagerkräfte:

Index	Beschreibung
0	Auflagerkraftbetrag.
1	Auflagerkraft in X-Richtung.
2	Auflagerkraft in Y-Richtung.
3	Auflagerkraft in Z-Richtung.

Tabelle 2.166: Auflagerkräfte

Spannungskomponenten:

Index	Beschreibung
0	Extremale Vergleichsspannungen (Rand und Mittelfläche).
1	Extremale Hauptspannungen (Rand und Mittelfläche).(2)
2	Extremale Koordinatenspannungen (Rand und Mittelfläche).(2)

Tabelle 2.167: Spannungskomponenten

(2) Optionen wurden noch nicht implementiert.

In nachfolgendem Beispiel werden für eine Struktur (Bauteildatei *S5.EIN*) extremale Vergleichsspannungen von Schalen bzw. Faltwerkelementen in Form einer formatierten Liste ausgegeben. Zunächst wird die Steuerdatei dargestellt. Anschließend die resultierende Programmausgabe.

```
# Eingabedatei
add SBW1x2.ein

# Datei
# - Ergebnisdatei und Listendatei
List_Set_File SBW1x2.bbe SBW1x2.lst

# Auswahl
```

```
# - alle Elemente
list_set_filter 1 3 1-;
# - Lastfaelle 2
list_set_filter 2 6 2;

# Elementspannungen
list_erg_werte 3 0 0 10 0 0. 0 0

# Auswahl
# - Elemente Querschnittsgruppe 5
list_set_filter 1 3 5;
# - alle Lastfaelle
list_set_filter 2 6 1-;

# Elementspannungen
list_erg_werte 3 0 0 10 0 0. 0 1

# Knotenverformungen
list_erg_werte 1 0 0 3 0 0. 0 1 3
```

Die maßgebenden Größen werden in der Liste mit einem * gekennzeichnet.

```
---------------------------------------------------------
 EleNr   Lf  Mat  Que     V(3+)       V(3o)       V(3-)
---------------------------------------------------------
    3087   2    1    5     688.53*     688.38      688.32
    2648   2    1    5     682.52      684.16      685.93*
    3086   2    1    5     682.20*     681.93      681.76
    2647   2    1    5     676.06      677.74      679.50*
    3526   2    1    5     672.52*     668.27      664.14
    2211   2    1    5     664.47      666.80      669.23*
    3525   2    1    5     667.60*     664.02      660.55
    2210   2    1    5     655.91      658.42      661.02*
    1775   2    1    5     638.30      641.31      644.39*
    1774   2    1    5     631.44      634.04      636.69*
---------------------------------------------------------
 EleNr   Lf  Mat  Que     V(3+)       V(3o)       V(3-)
---------------------------------------------------------
    2622   6    1    5    1370.37*    1369.06     1367.82
    3059   6    1    5    1367.99*    1365.12     1362.40
    3058   6    1    5    1365.15*    1360.29     1355.73
    2621   6    1    5    1362.11*    1360.46     1358.89
    2185   6    1    5    1324.25     1325.13     1326.07*
    2184   6    1    5    1316.69     1316.94     1317.22*
    3485   6    1    5    1316.06*    1307.50     1299.45
    3486   6    1    5    1312.90*    1308.20     1303.85
    1747   6    1    5    1243.21     1245.31     1247.45*
    1746   6    1    5    1231.48     1233.74     1236.04*
```

```
-----------------------------------------------------------
 KnoNr   Lf    abs(v)         tx          ty        tz
-----------------------------------------------------------
     793   6      10.53*      -3.63        0.00        9.88
     805   6      10.53*      -3.63        0.00        9.88
     792   6      10.53*      -3.63        0.00        9.88
```

Die Ausgabe in eine Liste mit Trennung durch Leerzeichen ist für den Betrag der Knotenverformung und Vergleichsspannungen implementiert. Die Ausgabe beginnt in jeder Zeile mit einem Schlüsselwort, gefolgt von der Ergebnisgröße. Da diese Form der Ausgabe für eine numerische Weiterverarbeitung (z.B. bei der Optimierung) gedacht ist, wird die Ergebnisgröße mit der maximalen Genauigkeit ausgegeben. Die Ausgabe hat das folgende Format:

Betrag der Knotenverformung

```
Knoverf 135.33933588090366 4785 19
```

Nach dem gesuchten Betrag der Knotenverformung werden die zugehörige Knotennummer und der Lastfall ausgegeben.

Vergleichsspannung

```
Sigvgl 323.08181762695312 6163 19 1 16
```

Nach der gesuchten Vergleichsspannung werden die zugehörige Elementnummer, der Lastfall sowie die Materialgruppe und die Querschnittsgruppe des Elementes ausgegeben.

2.16.9 *List_KnoErg_Sum*

Mit dem Kommando *List_KnoErg_Sum* werden Knoten-Vektorergebnisse in einem Gebiet (Knotenfilter, siehe Abschnitt 2.16.6) gewichtet aufsummiert. Gewichte werden (siehe Abschnitt 2.16.4) mit dem Kommando *Set_Gewicht* festgelegt. Die Dateien werden mit dem Kommando *List_Set_File* (siehe Abschnitt 2.16.7) vereinbart.

Parameter	Typ	Beschreibung
T_{Erg}	I	Ergebnistyp:
		1: Knotenverformungen.(2)
		2: Auflagerkräfte.
N_{LKS}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
		(siehe Abschnitt 1.6 bzw. 2.6.1).
N_{Aus}		Ausgabeoption
		0 : Ausgabe als formatierte Liste mit Kopf
		1 : Ausgabe mit Leerzeichen getrennt(2)
App	I	Kenner für Fortschreiben der Ergebnisliste.
		0 : Ergebnisliste wird neu erstellt (create)
		1 : Ergebnisliste wird fortgeschrieben (append)
N_{Spa}	I	Spaltenausgabekenner (Hexadezimal: z.B. 0x1f).
		Kenner 1: (1^1) F_x Kraft in x-Richtung
		Kenner 2: (2^1) F_y Kraft in y-Richtung
		Kenner 3: (4^1) F_z Kraft in z-Richtung
		Kenner 4: (8^1) q Kraftbetrag in x-y-Ebene
		Kenner 5: (16^1) M_x Moment um x-Richtung
		Kenner 6: (32^1) M_y Moment um y-Richtung
		Kenner 7: (64^1) M_z Moment um z-Richtung
		(Standard, falls nicht vorgegeben: Alle Kenner werden gesetzt)

Tabelle 2.168: Ausgabe der aufsummierten Knotenergebnisse

(2) Optionen wurden noch nicht implementiert.

2.16.10 *List_Erg_Fatig*

Mit dem Kommando *list_erg_fatig* werden die prozentualen Auslastungen der Struktur für den Dauerfestigkeitsnachweis nach DS 952, BS 7608 oder DIN 15018 ermittelt und in ie vorgegebene Ausgabedatei (vgl. 2.16.7) geschrieben. Auswahlfilter (vgl. 2.16.1) können gesetzt werden.

Wichtig: Der Dauerfestigkeitsnachweis ist einheitengebunden und für die Einheiten $[N]$ **und** $[mm]$ **implementiert!**

Die Eingangsparameter für den eigentlichen Nachweis ($Par1$ bis $Par5$) sind abhängig von der jeweiligen Norm in den Tabellen 2.170 bis 2.173 erläutert. Die Nachweise sind grundsätzlich auf Flächenelemente beschränkt. Es werden jeweils die Spannungen in Elementkoordinatenrichtung im Elementschwerpunkt herangezogen. Dabei werden im Nachweis nach DS 952 sowohl die Normal- als auch die Schubspannungen nachgewiesen; für den Nachweis nach BS 7608 sind ausschließlich die Normalspannungen implementiert. Innerhalb des Elementes werden Ober-, Mittel- und Unterfläche getrennt betrachtet. Es wird je Element die maximale Auslastung ausgegeben. Für den Nachweis nach BS 7608 wird zusätzlich die Beschränkung der Spannungen auf das 0,6-fache der Fließgrenze überprüft. Der Nachweis der Betriebsspannungen nach DIN 15018 erfolgt sowohl für die Normalspannungen als auch für die Schubspannungen. Wahlweise kann ein festes Grenzspannungsverhältnis κ vorgegeben werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
$nCod$	I	Berechnungsnorm:
		1: DS 952 (Deutsche Bahn AG).
		2: BS 7608 (British Standard).
		3: BS 7608 (British Standard) - probabilistisch.
		4: DIN 15018 (Krahnbahnnorm).
$Par1$	I	siehe Tabellen 2.170, 2.171 und 2.172
$Par2$	I/R/S	siehe Tabellen 2.170 bis 2.173
$Par3$	R/S	siehe Tabellen 2.170 bis 2.173
$Par4$	I	siehe Tabellen 2.173(1)
$Par5$	R	Vorgabe eines festen κ-Wertes(1)
$Par6$	R	Genzspannung σ_B (1)
$nLst$	I	Ausgabeparameter:
		0: Ausgabe des Maximums
		1: Listenausgabe
$nSort$	I	Sortieren der Ausgabe:
		0: nach Elementnummer
		1: nach Auslastung
$nFilt$	I	Filtern der Ausgabe (nur für $nLst = 1$):
		positiv: Ausnutzung in Prozent, ab der eine Ausgabe erfolgt
		negativ: Anzahl der auszugebenden Datensätze
		0: Ausgabe aller Datensätze
$nAppend$	I	Kenner zum Fortschreiben der Ausgabeliste):
		0: kein Fortschreiben der Ergebnisliste.
		1: Fortschreiben der angegebenen Ergebnisliste.

Tabelle 2.169: Ausgabe der Ergebniswerte für den Dauerfestigkeitsnachweis

(1)Nur für DIN 15018 relevant ($nCod = 4$)

Parameter	Typ	Beschreibung für Nachweis nach DS 952 ($nCod = 1$)
$Par1$	I	Nachweislinie für Normalspannungen
		1: Linie A - St37-2/-3
		2: Linie B - St37-2/-3
		3: Linie C - St37-2/-3
		4: Linie D - St37-2/-3
		5: Linie E1 - St37-2/-3
		6: Linie E5 - St37-2/-3
		7: Linie F - St37-2/-3
		8: Linie A - St52-3
		9: Linie B - St52-3
		10: Linie C - St52-3
		11: Linie D - St52-3
		12: Linie E1 - St52-3
		13: Linie E5 - St52-3
		14: Linie F - St52-3
$Par2$	I	Nachweislinie für Schubspannungen
		1: Linie G - St37-2/-3
		2: Linie H - St37-2/-3
		3: Linie G - St52-3
		4: Linie H - St52-3
$Par3$	R	Fließspannung (für Nachweis nach DS 952 nicht erford.)

Tabelle 2.170: Parameter bei Dauerfestigkeitsnachweis nach DS 952

Parameter	Typ	Beschreibung für Nachweis nach BS 7608 ($nCod = 2$)
$Par1$	I	Schweissnahtgüteklasse (Weld class):
		1 - 5: Weld class B - F
		6: Weld class F2
		7: Weld class G
		8: Weld class W
		9: Weld class S
		10: Weld class T
$Par2$	I	Nominelle Versagenswahrscheinlichkeit (nominal probability of failure)
		1: 50 %, mean-line curve (Mittelwert)
		2: 31 %
		3: 16 %
		4: 2.30 %, standard design curve (standard Bemessungswert)
		5: 0.14 %
$Par3$	R	Fließspannung f_y in $[N/mm^2]$

Tabelle 2.171: Parameter bei Dauerfestigkeitsnachweis nach BS 7608

Parameter	Typ	Beschreibung für probabilistischen Nachweis nach BS 7608 ($nCod = 3$)
$nPar1$	I	Schweissnahtgüteklasse (Weld class): siehe Tabelle 2.171
$dPar2$	R	Vielfaches der Standardabweichung, die aktuelle Realisierung der Zufallsvariablen ergibt sich zu: $x = Mittelwert + dPar2 * Standardabweichung$
$dPar3$	R	Fließspannung f_y in $[N/mm^2]$

Tabelle 2.172: Parameter bei probabilistischem Dauerfestigkeitsnachweis nach BS 7608

Parameter	Typ	Beschreibung für Nachweis nach DIN 15018 ($nCod = 4$)
$Par1$	S	Material: *St37* oder *St52-3*
$Par2$	S	Belastunhsgruppe: *B1...B6*
$Par3$	S	Kerbfall: *W0...W1,K0...K4*
$Par4$	I	Typ: Der Typ ist eine additive Überlagerung folgender Kenner:
	I	0/1: Bauteil / Schweissnaht.
	I	0/2: Festes κ / variables κ
$Par5$	R	Fester κ-Wert für Kenner $Par4$.
$Par6$	R	Grenzspannung σ_B.

Tabelle 2.173: Parameter für Betriebsfestigkeitsnachweis nach DIN n15018

Die Ausgabe des Maximums ($nLst = 0$) ist für eine numerische Weiterverarbeitung (z.B. bei der Optimierung) gedacht. Daher wird die Ergebnisgröße mit der maximalen Genauigkeit ausgegeben. Der Ergebnisgröße vorangestellt wird jeweils das Schlüsselwort *„fatigue“*. Die Ausgabe hat das folgende Format:

Nachweis nach DS 952 ($nCod = 1$)

```
fatigue 32.521566733605162 4838  Sig_Y -47.1654 25 -31.0884 18 0.659137 145.028
```

Nach der gesuchten Ausnutzung werden die zugehörige Elementnummer, die Spannungsrichtung, die minimale und maximale Spannung mit dem dazugehörigen Lastfall und die zulässige Spannung nach DS 952 ausgegeben.

Nachweis nach BS 7608 ($nCod = 2$ bzw. $nCod = 3$)

```
fatigue 45.382876707598754 4216  Sig_Y -23.8476 25 -3.16642 18 20.6812 45.5705
```

Nach der gesuchten Ausnutzung werden die zugehörige Elementnummer, die Spannungsrichtung, die minimale und maximale Spannung mit dem dazugehörigen Lastfall, die vorhandene Spannungsdoppelamplitude und die zulässige Spannungsdoppelamplitude nach BS 7608 ausgegeben.

2.16.11 *List_Erg_DP*

Mit dem Kommando *List_Erg_DP* werden die Ergebniswerte (d.h. die extremalen Spannungen) für die in *DPROFIL* bzw. *DBATCH* zusammengestellten Pfettenstöße ermittelt und die vorgegebene Extremwertedatei geschrieben. Diese Daten dieser Datei können in einem weiteren Bearbeitungsschritt in die Profildatenbank importiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
H	R	Pfettenhöhe.
B	R	Pfettengurtbreite.
t	R	Pfettendicke.
β	R	Steigungswinkel des Profilstegs.
LasTyp	R	Belastungstyp:
		0 : Gleichstreckenlast vertikal q_3.
		1 : Gleichstreckenlast horizontal q_2.
		2 : Normalkraft.
LagTyp	R	Lagertyp:
		0 : Durchlaufträger.
		1 : Übergreifungsstoß.
		2 : Stoß über Lager.
FLng	R	Feldlänge, bzw. Pseudofeldlänge.
SLng	R	Stoßlänge.
ALng	R	Auflagerlänge.
SBet	R	Senkbettungswert.
SKra	R	Belastungswert (Streckenlast bzw. Normalkraft)
KBer	I	Kenner für Auswertebereich.
Sp	I	Typ der maximalen Vergleichsspannung.
		0 : im Elementschwerpunkt in Elementmittenfläche.
		1 : im Elementschwerpunkt auf Elementoberfläche.
App	I	Kenner für Fortschreiben der Ergebnisliste.
		0 : Ergebnisliste wird neu erstellt (create)
		1 : Ergebnisliste wird fortgeschrieben (append)

Tabelle 2.174: Auswertung festlegen und durchführen

Die Beschreibung der Extremwertedatei, die die bemessungsrelevanten Daten zur Erstellung der Tragfähigkeitstafeln enthält, befindet sich im Handbuch *DPROFIL*.

2.16.12 *DeltaSigVol*

Mit dem Kommando *DeltaSigVol* werden Spannungsamplituden aus 6 verschiedenen Lastfällen ermittelt. Die 6 Lastfälle werden in jeweils 3 Gruppen für die 3 Koordinatenrichtungen $\vec{e_x}$, $\vec{e_y}$ und $\vec{e_z}$ zusammengestellt.

Das Kommando arbeitet einerseits mit den Knotenspannungen der Volumenelemente, andererseits mit den Schwerpunktspannungen der Flächenelemente. In beiden Fällen werden die Tensordifferenzen der Wechesellastfälle gebildet. Als Maß des Differenztensors wurde die Vergleichsspannung angesetzt. Dies erlaubt eine mathematisch korrekte Differenzbildung der räumlichen Größen und die Abbildung dieser Differenzgröße auf einen Skalar, der in die Zeitfestigkeits- bzw. Dauerfestigkeitsberechnung eingeht.

Parameter	Typ	Beschreibung
BBE	S	Dateibezeichnung der *BBE*-Ergebnisdatei.
LST	S	Dateibezeichnung der *LST*-Auswerteliste.
Lf_1	I	Nummer des Lastfalls $+\vec{e_x}$.
Lf_2	I	Nummer des Lastfalls $-\vec{e_x}$.
Lf_3	I	Nummer des Lastfalls $+\vec{e_y}$.
Lf_4	I	Nummer des Lastfalls $-\vec{e_y}$.
Lf_5	I	Nummer des Lastfalls $+\vec{e_z}$.
Lf_6	I	Nummer des Lastfalls $-\vec{e_z}$.
N_{Max}	I	Maximale Anzahl der Ausgabewerte.
K_{Typ}	S	Linientyp (siehe BS7608: Section 4.3).
F_{Ska}	R	Skalierungsfaktor (Standard: 1,0).
K_{Ele}	I	Elementtyp: 0:Flächenelemente/1:Volumenelemente (Standard: 0).

Tabelle 2.175: Auswertung der Spannungsamplituden

Mit dem Skalierungsfaktor F_{Ska} können lokale Erhöhungen der SN-Kurven berücksichtigt werden.

In nachfolgendem Beispiel werden aus *ANSYS*-Ergebnisdaten Volumenelement-Knotenspannungen geladen und in die Datei `ErdDaten.BBE` geschrieben. Anschließend werden die Spannungswerte aus der Datei `ErdDaten.BBE` eingelesen und die Spannungsamplituden nach BS7608 berechnet.

```
# API anmelden
ans2bbe_init ErgDaten.bbe 6 38800

# Laden der Verformungsdaten
ans2bbe_load VSpannungenLF1.txt       1 2
ans2bbe_load VSpannungenLF2.txt       2 2
ans2bbe_load VSpannungenLF3.txt       3 2
ans2bbe_load VSpannungenLF4.txt       4 2
ans2bbe_load VSpannungenLF5.txt       5 2
ans2bbe_load VSpannungenLF6.txt       6 2

# API abmelden
ans2bbe_exit

# Berechnung und Ausgabe der Spannungsamplituden
DeltaSigVol ErgDaten.bbe Ergdaten.lst 1 2 3 4 5 6 30 F
```

2.16.13 *SetSigVol*

Mit dem Kommando *SetSigVol* werden Vergleichsspannungen für isoparametrische Volumenelemente aus den Koordinatenspannungen ermittelt.

Parameter	Typ	Beschreibung
BBE	S	Dateibezeichnung der *BBE*-Ergebnisdatei.
LST	S	Dateibezeichnung der *LST*-Auswerteliste.
Lf	I	Nummer des zu untersuchenden Lastfalls.
$N_{Max,El}$	I	Maximale Anzahl der Elemente in Ergebnisdatei/FE-Modell.
$N_{Max,Aus}$	I	Maximale Anzahl der auszugeben Spannungsdaten.
		(Die Vergleichsspannungen werden absteigend sortiert ausgegeben.)

Tabelle 2.176: Auswertung der Knotenvergleichsspannungen

In nachfolgendem Beispiel werden für alle Elemente für die Lastfälle 1 bis 23 die Knotenvergleichsspannungen aus den Koordinatenspannungen am Elementknoten ermittelt. Die 30 größten Spannungswerte werden in die vorgegebenen Ausgabeliste geschrieben.

```
setelesel 0 1-;

SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-10.lst  1 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-11.lst  2 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-12.lst  3 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-13.lst  4 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-14.lst  5 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-15.lst  6 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-16.lst  7 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-17.lst  8 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-18.lst  9 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-19.lst 10 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-20.lst 11 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-21.lst 12 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-22.lst 13 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-23.lst 14 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-24.lst 15 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-25.lst 16 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-26.lst 17 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-27.lst 18 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-28.lst 19 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-29.lst 20 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-30.lst 21 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-36.lst 22 40000 30
SetSigVol uk-lf-10-32.bbe uk-lf-36.lst 23 40000 30
```

2.16.14 *Get_NQ_Snk*

Mit dem Kommando *Get_NQ_Snk* werden gemittelte skalierte Spannungen (siehe 2.22.5) als Normalkraft ($\sigma \cdot d$) und Querkraft ($\tau \cdot d$) ermittelt und in einer Liste ausgegeben. Die Elementauswahl wird über die Filterauswahl (siehe Abschnitt 2.16.1) gesteuert.

Parameter	Typ	Beschreibung
Lf_σ	I	Nummer des σ-Lastfalls.
Ort_σ	I	Kenner des Auswerteorts des σ-Lastfalls.
Lf_τ	I	Nummer des τ-Lastfalls.
Ort_τ	I	Kenner des Auswerteorts des τ-Lastfalls.
S_{Dok}	S	Dokumentationstext für Ausgabeliste (1).
BBE	S	BBE-Datei.
Lst	S	Ausgabeliste.
K_{Append}	I	Appendkenner: (optional)
		0: Datei wird neu angelegt.
		1: Datei wird fortgeschrieben.

Tabelle 2.177: Ermittlung gemittelter Schnittkrafte aus Spannungen

(1) Der Dokumentationstext darf kein Leerzeichen enthalten.

2.16.15 *Get_NQ_LoadCases*

Mit dem Kommando *Get_NQ_LoadCases* werden gemittelte Schnittkräfte aus den Spannungstabellen einer BBE-Datei gelesen. Für die vorgegebenen Lastfälle werden die Schnittkräfte optional in sortierter Reihenfolge ausgegeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
Ort_σ	I	Kenner des Auswerteorts des σ-Lastfalls.
S_{Dok}	S	Dokumentationstext für Ausgabeliste [(1)].
BBE	S	BBE-Datei.
Lst_1	S	Ausgabeliste (im LATEX-Format).
Lst_2	S	Ausgabeliste im Textformat.
N_{Mode}	I	Moduskenner: Sortiert 0:nein / 1:ja.
K_{Append}	I	Appendkenner: (optional)
		0: Datei wird neu angelegt.
		1: Datei wird fortgeschrieben.
S_{Sel}	S	Lastfallselektion.

Tabelle 2.178: Ermittlung maximaler gemittelter Schnittkräfte

[(1)] Der Dokumentationstext darf kein Leerzeichen enthalten.

2.16.16 *GetFlaSigKi*

Mit dem Kommando *GetFlaSigKi* werden die aus einer Stabilitätsanalyse ermittelten Beulwerte mit den maximalen Spannungen im Beulfeld multipliziert. Die zu berücksichtigenden Beulmoden werden über einen Auswahltext festgelegt. Es werden zudem die relvanten Knoten und die anschließenden Elemente in Form eines Auswahltextes zurückgegeben, um diesen bei der Visualisierung in *B&B-VIEW* einsetzen zu können.

Parameter	Typ	Beschreibung
BBE	S	BBE-Datei.
LST	S	zu erstellende oder fortzuschreibende Ergebnisliste.
S_{Sel}	S	Auswahltext der zu berücksichtigenden Beulmoden.
N_{Lf}	I	Lastfallnummer.
ϵ	R	Schwellwert zur Begrenzung des Beulfeldes ($\epsilon \in [0, 1]$).
$f_{y,k}$	R	Streckgrenze.
K_σ	I	Spannungstyp
		0: Knotengemittelte Vergleichspannung in der Elementmittelfläche.
		1: Vergleichspannung in Elementschwerpunk der Elementmittelfläche. Diese Option erwartet die FE-Eingabedatei mit den Elementdaten.
K_κ	I	Kenner für Wahl der κ-Kurve nach DIN 18800-T4 (1:κ_1/2:κ_2).
γ_S	R	Teilsicherheitsbeiwert für Einwirkung.
γ_M	R	Teilsicherheitsbeiwert für den Widerstand.
N_{Anz}	I	Anzahl der ermittelten Knotenwerte (Standard: 1).
K_{Append}	I	Appendkenner: (optional)
		0: Datei wird neu angelegt.
		1: Datei wird fortgeschrieben.
K_{Kno}	I	Schreiben eines Knotenauswahlstrings im Bauteilformat (0:nein/1:ja).
K_{Tex}	I	0: Standardausgabe.
	I	1: TEX-Ausgabe.
	I	2: Datenexport.(1)

Tabelle 2.179: Ermittlung der σ_{ki}-Werte für Schalenbeulen

(1) Ausgabefelder eines Datensatzes:
beulen Auslastung Beulmode Eigenwert Knoten σ σ_{ki} σ_{SRK} σ_{SRD}

2.16.17 *VolDifFla*

Mit dem Kommando *VolDifFla* wird eine durch Verformung induzierte Volumenänderung bei Flächenelementen berechnet. Der Knotenverformungsvektor wird auf eine mittlere Elementnormalenrichtung der am Knoten angreifenden Elemente projeziert. Der resultierende Wert wird mit der Summe der am Knoten angreifenden Elementteilflächen multipliziert.

Für den gemittelten Direktor (gemittelte Elementnormalenrichtung) ergibt sich mit N_e, der Anzahl der am Knoten angreifenden Elemente, und $\vec{n_i}$, dem Normalenvektor im Element i, $\overline{\vec{n}}$ nach Gleichung 2.12.

$$\overline{\vec{n}} = \frac{1}{N_e} * \sum_{i=1}^{i=N_e} \vec{n_i} \tag{2.12}$$

Für das auf den Knoten i bezogene Volumen V_i ergibt sich mit dem Knotenverformungsvektor $\vec{v_i}$ und der Teilfläche $A_{t,j}$ des Elements j:

$$V_i = \overline{\vec{n_i}} * \vec{v_i} * \sum_{j=1}^{j=N_e} A_{t,j} \tag{2.13}$$

wobei:	$A_{t,j}$	$= A_j/N_{j,k}$,
mit	A_j,	der Fläche des Elements j und
und	$N_{j,k}$,	der Anzahl der Knoten am Element j.

Mit dem Kommando *VolDifFla* lassen sich z.B. Innenraumänderungen von geschlossen Flächenstrukturen (z.B. Kessel) berechnen.

Die zu berücksichtigenden Knoten können direkt mit dem Knotenfilter (siehe Abschnitt 2.16.1) oder indirekt mit dem Gebietsfilter (siehe Abschnitt 2.16.6) gefiltert werden. Ferner können Knoten auch über die Filterung der am Knoten angreifenden Elemente selektiert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
BBE	S	BBE-Datei.
LST	S	zu erstellende oder fortzuschreibende Ergebnisliste.
N_{Lf}	I	Nummer des Lastfalls.
T_{Ber}	I	Berechnungstypnummer (siehe Abschnitt A.3).
N_{Stf}	I	Nummer der Belastungsstufe (nur bei nichtlinearer Berechnung).
F_{sca}	R	Skalierungsfaktor der zu berechnenden Fläche.
K_{App}	I	LST-Datei fortschreiben (0:nein / 1:ja).

Tabelle 2.180: Berechnung eines Differenzvolumens

In nach folgendem Beispiel wird das Verformungsvolumen einer Platte berechnet (z.B. Volumen einer Klaffung).

```
# Einlesen des FE-Modells
add platte-x.ein

# Filter setzen: Auswahl aller an Elementen der Querschnittsgruppe 1
#                 angreifenden Knoten.
list_set_filter 1   3  1;

# Volumendifferenz berechnen        Lf  Ber  Stf  Fakt   Append
voldiffla platte-x.bbe platte-x.lst  2   1    0    1.0     0
```

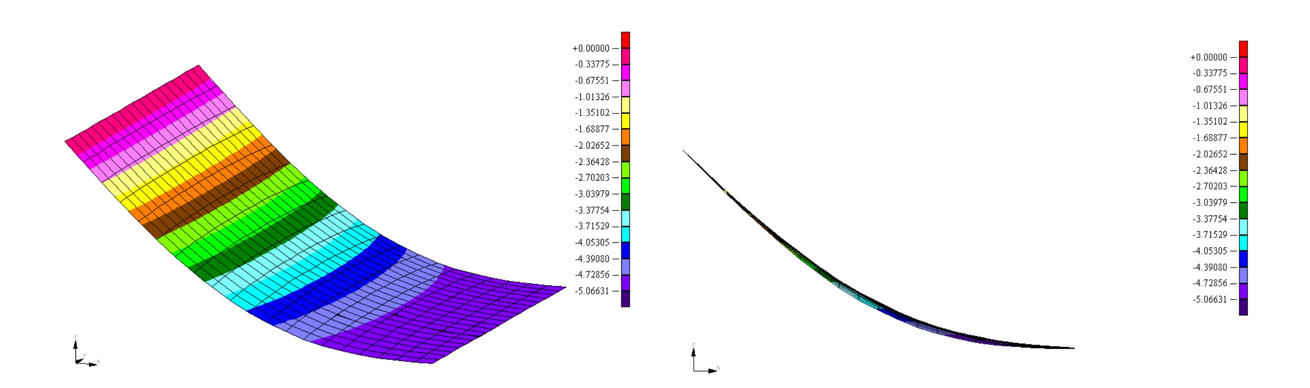


Abbildung 2.33: Verformte Platte.

2.16.18 *List_AKraeft*

Mit dem Kommando *List_AKraft* werden die Auflagerkräfte unter Berücksichtigung vielfältiger Filtermethoden sortiert in einer Liste ausgegeben. Diese Funktion ist insbesondere geeignet zur Bestimmung von Schraubenkräften, die mit Hilfe von Feder- oder Stabelementen berechnet werden und deren Kräfte auf die am Element angreifenden Knoten als Auflagerkräfte eingetragen wurden. Der Befehl setzt voraus, dass die Ergebnisdatei bereits mit dem Befehl *Set_Set_File* (siehe Abschnitt 2.16.7) vorgegeben wurde.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KSys}	I	Koordinatensystem (0:global).
K_{File}	I	Dateiausgabekenner (1:ASCII/2:LaTeX/3:beides).
K_{Sort}	I	Sortierziel:
		[0] Sortierung F_x Auflagerkräfte
		[1] Sortierung F_y Auflagerkräfte
		[2] Sortierung F_z Auflagerkräfte
		[3] Sortierung R_x Auflagermoment
		[4] Sortierung R_y Auflagermoment
		[5] Sortierung R_z Auflagermoment
		[6] Sortierung F_xy Auflagerquerkraft
		[7] Sortierung nach Axialkraftspiel in z-Richtung
K_{Ext}	I	Sortierungsart
		[0] nach Maximum
		[1] nach Minimum
		[2] nach betragsmäßigem Maximum
N_{Anz}	I	Ausgabe der ersten N_{Anz} Datensätze ($N_{Anz} = 0 \Rightarrow$: alle)
K_{Sp}	H	Spaltenausgabekenner
		$0x0001 = 2^0\ (F_x)$
		$0x0003 = 2^0\ (F_x) + 2^1\ (F_y)$
		$0x0007 = 2^0\ (F_x) + 2^1\ (F_y) + 2^2\ (F_z)$
		$0x000f = 2^0\ (F_x) + 2^1\ (F_y) + 2^2\ (F_z) + 2^3\ (R_x)$
		$0x0010 = 2^0\ (R_y)$
		$0x0030 = 2^0\ (R_y) + 2^1\ (F_z)$
		$0x0040 = 2^2\ (F_xy))$
T_{Ber}	I	Berechnungstyp

Tabelle 2.181: ***List_AKraeft***

Parameter	Typ	Beschreibung
		[0] linear
		[2] physikalisch nicht linear
N_{LSt}	I	Laststufennummer für nichtlineare Berechnung
$N_{Lf,V}$	I	Lastfallnummer für Lastfall Vorspannung. Wird diese Lastfallnummer ($N_{Lf,V} > 0$) vorgegeben, so werden die Auflagerkräfte dieses Lastfalls von den Auflagerkräften des auszuwertenden subtrahiert.
$N_{AK,Z}$	I	Ausgabe für F-Z
		[0] Ausgabe der Axialkraft in Z-Richtung für F-Z
		[1] Ausgabe des Lastspiels in Z-Richtung für F-Z
N_{Flag}	I	0x0001: Ausgabe $\|F_z\|$

Tabelle 2.181: ***List_AKraeft* – Fortsetzung**

2.16.19 *List_BBE_Info*

Mit dem Kommando *List_BBE_Info* werden die Kopfdaten einer BBE-Datei ausgegeben bzw. exportiert. Die Auswahl der Daten erfolgt mit den Funktionen *List_Set_Filter* (siehe 2.16.1) und *List_Set_File* (siehe 2.16.7).

Parameter	Typ	Beschreibung
K_{Append}	I	Appendkenner: (optional) 0: Datei wird neu angelegt. 1: Datei wird fortgeschrieben.

Tabelle 2.182: Ausgabe der BBE-Kopfdaten

2.16.20 *Set_Tab_Titel1*

Mit dem Kommando *Set_Tab_Titel1* wird der Titel der Tabelle oder der Titel der ersten Seite einer LaTeX-Tabelle gesetzt.

Parameter	Typ	Beschreibung
Nr	S	Tabellentext.

Tabelle 2.183: Tabellenhaupttitel setzen

2.16.21 *Set_Tab_Titel2*

Mit dem Kommando *Set_Tab_Titel2* wird der Titel aller weiteren Seiten einer sich über mehrere Seiten erstreckenden Tabelle gesetzt.

Parameter	Typ	Beschreibung
Nr	S	Tabellentext.

Tabelle 2.184: Tabellen-Fortsetzungstitel setzen

2.17 Kommandos zum Schraubennachweis

Mit den folgenden Kommandos können Schraubennachweise gegen Zug, Abscheren und Lochlaibung erbracht werden. Im FE-Modell sind die Schrauben durch Balkenelemente zu modellieren. Es werden die in die BBE-Datei exportierten Balkenschnittkräfte als Schraubenkräfte herangezogen.

Wird eine LaTeX-Ausgabe gewählt, so können die Titel der Tabellen mit den Kommandos *Set_Tab_Titel1* und *Set_Tab_Titel2* festgelegt werden.

2.17.1 *SchraubenNWB*

Mit dem Kommando *SchraubenNW* wird der Nachweis einer Schraube gegen Zug erbracht. Die Balkenelemente (Schraubenmodell) und die zu betrachtenden Lastfälle sind mit dem Filterauswahltext nach Abschnitt 1.5 zu selektieren. Es wird eine Nachweistabelle im LaTeX-Format erstellt.

Parameter	Typ	Beschreibung
A_{Sch}	R	Schaftquerschnitt der Schrauben (für alle gleich).
A_{Sp}	R	Spannungsquerschnitt der Schrauben (für alle gleich).
$f_{y,b,k}$	R	Streckgrenze des Schraubenmaterials.
$f_{u,b,k}$	R	Zugfestigkeit des Schraubenmaterials.
γ_M	R	Sicherheitsbeiwert.
α_a	R	Beiwert Abscheren.
K_{Pos}	I	Positionskenner: 0:Schaft in Scherfunge/1:Gewinde in Scherfuge.
K_F	I	Formatkenner: 0:Text/1:LaTeX.
N_{Anz}	I	Anzahl der Schauben. $N_{Anz} > 0 \Rightarrow$ sortierte Ausgabe.
K_{Append}	I	Kenner zum Fortschreiben der Liste (0:nein/1:ja).
T_{Ber}	I	Berechnungstyp.
N_{Ls}	I	Laststeigerungsstufe.

Tabelle 2.185: Schraubennachweis: Zug und Abscheren

Anmerkung:

Die Bezeichnungen der BBE-Datei (Ergebnisdatei), der TXT-Datei (Textausgabe) und der TEX-Datei (LaTeX-Datei) werden mit dem Kommando *List_Set_File* festgelegt (siehe Abschnitt 2.16.7). Die Filterung der Eingangsdaten erfolgt mit dem Kommando *List_Set_Filter* (siehe Abschnitt 2.16.1).

Anmerkung:

Die Nachweise werden nach DIN 18800 wie folgt geführt.

1. Nachweis gegen Abscheren

$$\begin{aligned} V_{\alpha,R,d} &= A \cdot \alpha_a \cdot f_{u,b,k}/\gamma_M \\ V_a/V_{\alpha,R,d} &\leq 1 \end{aligned} \tag{2.14}$$

2. Nachweis gegen Zug

$$\begin{aligned} N_{R,d} &= min \begin{cases} A_{Sch} \cdot f_{y,b,k}/(1,10 \cdot \gamma_M) \\ A_{Sp} \cdot f_{u,b,k}/(1,25 \cdot \gamma_M) \end{cases} \\ N/N_{R,d} &\leq 1 \end{aligned} \tag{2.15}$$

3. Nachweis gegen Interaktion Zug und Abscheren

$$\left(\frac{N}{N_{R,d}}\right)^2 + \left(\frac{V}{V_{R,d}}\right)^2 \leq 1 \tag{2.16}$$

Liegt ein Anteil der Interaktion unter 25%, so bleibt dieser unberücksichtigt. Liegen beide Anteile der Interaktion unter 25%, so wird das Maximum beider Anteile berücksichtigt.

2.17.2 *LeibungNWB*

Mit dem Kommando *LeibungNWB* wird der Nachweis gegen Lochleibung geführt. Die Balkenelemente (Schraubenmodell) und die zu betrachtenden Lastfälle sind mit dem Filterauswahltext nach Abschnitt 1.5 zu selektieren. Es wird eine Nachweistabelle im LaTeX-Format erstellt.

Parameter	Typ	Beschreibung
d_{Sch}	R	Schaftdurchmesser der Schrauben (für alle gleich).
t	R	Blechdicke (für alle gleich).
α_l	R	Beiwert Leibung.
$f_{y,k}$	R	Streckgrenze des Blech-Materials.
γ_M	R	Sicherheitsbeiwert.
K_F	I	Formatkenner: 0:Text/1:LaTeX.
N_{Anz}	I	Anzahl der Löcher. $N_{Anz} > 0 \Rightarrow$ sortierte Ausgabe.
K_{Append}	I	Kenner zum Fortschreiben der Liste (0:nein/1:ja).
T_{Ber}	I	Berechnungstyp.
N_{Ls}	I	Laststeigerungsstufe.

Tabelle 2.186: Lochleibungsnachweis, Balkenmodell

Anmerkung:

Die Bezeichnungen der BBE-Datei (Ergebnisdatei), der TXT-Datei (Textausgabe) und der TEX-Datei (LaTeX-Datei) werden mit dem Kommando *List_Set_File* festgelegt (siehe Abschnitt 2.16.7). Die Filterung der Eingangsdaten erfolgt mit dem Kommando *List_Set_Filter* (siehe Abschnitt 2.16.1).

Anmerkung:

Der Nachweis gegen Lochleibung wird nach DIN 18800 wie folgt geführt.

$$\begin{aligned} V_{l,R,d} &= min \begin{cases} (\alpha_l + 0,5) \cdot t \cdot d_{Sch} \cdot f_{y,k}/\gamma_M) \\ 3,0 \cdot t \cdot d_{Sch} \cdot f_{y,k}/\gamma_M) \end{cases} \\ V/V_{l,R,d} &\leq 1 \end{aligned} \quad (2.17)$$

2.17.3 *LeibungNWA*

Mit dem Kommando *LeibungNWA* wird der Nachweis gegen Lochleibung geführt. Es werden hierfür Auflagerkräfe an Knoten in Quadergebieten abgegriffen. Die Auflagerkräfte in den festgelegten Quadergebieten werden aufaddiert und in das vorgegebene Koordinatensystem gedreht. Die Normalkraft ergibt sich als die auf die lokale z-Richtung projizierte Auflagerkraft. Die dazu senkrechten Komponenten werden zur Querkraft vektoriell addiert (siehe auch Abschnitt 2.17.2).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KS}	I	Nummer des lokalen Koordiantensystems (0:global).
d_{Sch}	R	Schaftdurchmesser der Schrauben (für alle gleich).
t	R	Blechdicke (für alle gleich).
α_l	R	Beiwert Leibung.
$f_{y,k}$	R	Streckgrenze des Blech-Materials.
γ_M	R	Sicherheitsbeiwert.
K_F	I	Formatkenner: 0:Text/1:LaTeX.
N_{Anz}	I	Anzahl der Löcher. $N_{Anz} > 0 \Rightarrow$ sortierte Ausgabe.
K_{Append}	I	Kenner zum Fortschreiben der Liste (0:nein/1:ja).
T_{Ber}	I	Berechnungstyp.
N_{Ls}	I	Laststeigerungsstufe.

Tabelle 2.187: Lochleibungsnachweis, Balkenmodell

2.17.4 *SchraubeNVB*

Mit dem Kommando *SchraubeNVB* werden die Schraubenkräfte für einen gesonderten Nachweis (z.B. VDI-2230) ermittelt. Die Ausgabe der Axial- und Querkräfte der Balkenelemente werden wahlweise nach der Axialkraft sortiert. Die Balkenelemente (Schraubenmodell) und die zu betrachtenden Lastfälle sind mit dem Filterauswahltext nach Abschnitt 1.5 zu selektieren. Es wird eine Nachweistabelle im LaTeX-Format erstellt.

Parameter	Typ	Beschreibung
K_F	I	Formatkenner: 0:Text/1:LaTeX.
N_{Anz}	I	Anzahl der Löcher. $N_{Anz} > 0 \Rightarrow$ sortierte Ausgabe.
K_{Append}	I	Kenner zum Fortschreiben der Liste (0:nein/1:ja).
T_{Ber}	I	Berechnungstyp.
N_{Ls}	I	Laststeigerungsstufe.

Tabelle 2.188: Axial- und Querkräfte einer Schraube, Balkenmodell

2.17.5 *SchraubeNVA*

Mit dem Kommando *SchraubeNVA* werden die Schraubenkräfte für einen gesonderten Nachweis (z.B. VDI-2230) ermittelt. Die Auflagerkräfte in den festgelegten Quadergebieten werden aufaddiert und in das vorgegebene Koordinatensystem gedreht. Die Normalkraft ergibt sich als die auf die lokale z-Richtung projizierte Auflagerkraft. Die dazu senkrechten Komponenten werden zur Querkraft vektoriell addiert (siehe auch Abschnitt 2.17.2).

Parameter	Typ	Beschreibung
K_F	I	Formatkenner: 0:Text/1:LaTeX.
N_{Anz}	I	Anzahl der Löcher. $N_{Anz} > 0 \Rightarrow$ sortierte Ausgabe.
K_{Append}	I	Kenner zum Fortschreiben der Liste (0:nein/1:ja).
T_{Ber}	I	Berechnungstyp.
N_{Ls}	I	Laststeigerungsstufe.

Tabelle 2.189: Axial- und Querkräfte einer Schraube, Auflagermodell

2.18 Kommandos zur *BBE*-Dateibearbeitung

Die Ergebnisdateien im *BBE*-Format können mit den folgenden Kommandos bearbeitet bzw. ergänzt werden.

2.18.1 *FederToAuf*

Mit dem Kommando *FederToAuf* werden Federschnittkräfte einer *BBE*-Datei in Auflagerkräfte der an die Feder anschließenden Knoten A und B umgesetzt. Optional kann der für den Lastfall gefundene Auflagerkraftdatenblock initialisiert oder additiv fortgeschrieben werden. Wird kein Auflagerkraftdatenblock in der BBE-Datei gefunden, so wird eine neuer Auflagerkraftdatenblock für den entsprechenden Lastfall angelegt und initialisiert.

Die Federkraft wird mit dem Richtungsvektor der Feder auf die Koordinatenrichtung projeziert. Der projezierte Wert wird auf die entsprechende Auflagerkraftkomponente geschrieben. Es werden nur die Richtungsfedern (Typ 2) unterstützt, da Senkfederkräfte vom Berechnungsprogramm bereits in Auflagerkräfte umgesetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
BBE	S	Bezeichnung der *BBE*-Datei[(1)].
K_{Init}	I	Initialisierungs des Auflagerdatenblocks (0:nein / 1:ja)[(2)].
K_{Dir}	I	Richtungsvariationskenner:[(3)]
		0 : Übertrag x,y,z ⇒ x,y,z.
		1 : Übertrag x,y,z ⇒ z,x,y.
		2 : Übertrag x,y,z ⇒ y,z,x.

Tabelle 2.190: Federschnittkräfte in Auflagerkräfte umsetzen

[(1)] Zur Bearbeitung muß eine *B&B*-Eingabedatei zunächst mit dem Kommando *Add* (siehe Abschnitt 2.4.6) geladen werden, aus der die Knoten-Element-Beziehung hervor geht. Wird diese Datei nicht gefunden oder wurde sie nicht geladen, kann das Kommando nicht ausgeführt werden.

[(2)] Standardmäßig wird ein Auflagerdatenblock immer initialisiert. Bereits vorhandene Auflagerkräfte werden dadurch überschrieben. Insbesondere werden alle Auflagerkräfte an Knoten zu Null gesetzt, an denen keine Federelemente des Typs 2 angreifen, d.h. diese Auflagerinformation geht durch Initialisierung verloren. Wird hingegen keine Initialisierung durchgeführt ($K_{Init} = 0$ ist explizit vorzugeben), werden die aus den Richtungsfedern resultierenden Schnittkräfte additiv den bereits vorhandenen Auflagerkräfte überlagert. *Vorsicht*: Ein mehrfacher Aufruf dieses Kommandos erfolgt zur vielfachen Berücksichtigung der Federschnittkräfte.

[(3)] Der Richtungskenner wird mit 0 implizit angenommen. Der Kenner sollte ohne vorausgesetzte Möglichkeit der Nutzung von definierbaren Koordinantensystemen eine eingeschränkte Möglichkeit bieten, die Richtung der Auflagerkräfte zu variieren.

2.18.2 *Update_Str*

Mit dem Kommando *Update_Str* werden die Verformungen einer Berechnung (lineaer oder nichtlinear) skaliert auf die Ausgangsgeometrie einer Struktur aufaddiert. Im Beispiel des Abschnitts 4.6 wird die Formfindung einer Membranstrukturen mit *Update_Str* erläutert.

Die zu bearbeitenden Knoten können mit dem Knotenfilter (siehe Abschnitt 2.16.1) gefiltert werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Ber}	I	Berechnungstyp.
		0: lineare Berechnung.
		1: Stabilität, Beulformen.
		2: nichtlineare Berechnung.
N_{Lf}	I	Zu übernehmender Lastfall.
N_{Pkt}	I	Zu übernehmender Lastschritt (linear: 0).
F_{Ska}	R	Skalierungsfaktor des Verformungsvektors.

Tabelle 2.191: Aufaddieren der Verformung auf die Struktur

2.18.3 *ScaleBBE*

Mit dem Kommando *ScaleBBE* werden Ergebnisdaten optional in Bereichen skaliert. Lokal können somit höhere Sicherheiten berücksichtigt werden.

In einem ersten Schritt sind die Dateinamen mit dem Kommando *List_Set_Filter* (siehe Abschnitt 2.16.1) festzulegen. Die zu berücksichtigenden Elemente bzw. Knoten können mit dem Kommando *List_Set_Filter* (siehe Abschnitt 2.16.1) gefiltert werden.

Das Zentrum der Skalierung liegt im Ursprung des vorgegebenen Koordinatensystems. Das Koordinatensystem N_{KS} wird vereinbart mit dem Kommando *SetKSys* (siehe Abschnitt 2.6.1).

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{KS}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:globales KS).
R_S	R	Radius der Skalierung.
H_z	R	Z-Höhe des Suchgebiets $(-H_z, +H_z)$.
F_S	R	Skalierfaktor.
K_{Erg}	I	Ergebnistyp:
		1: Verformungen (noch nicht implementiert).
		2: Elementspannungen.

Tabelle 2.192: Skalieren von Ergebnisdaten

2.19 Kommandos für *ANTRAS-TEMP*-Eingabe

Die in diesem Abschnitt zusammengestellten Kommandos erlauben es, aus einer Standard-*B&B*-Eingabe eine *ANTRAS-B&B-TEMP*-Eingabe zu generieren. Es können an Knoten feste Temperaturen bzw. Konvektionsrandbedingungen vorgegeben werden.

2.19.1 *SetWKapG*

Mit dem Kommando *SetWKapG* wird den Elementen der Filterbeschreibung (*SetEleSel*, siehe Abschnitt 2.5.1) die vorgegebene Wärmekapazitätsgruppe zugewiesen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{WKG}	I	Nummer der Wärmekapazitätsgruppe.

Tabelle 2.193: Zuweisung einer Wärmekapazitätsgruppe

2.19.2 *SetWLeitG*

Mit dem Kommando *SetWLeitG* wird den Elementen der Filterbeschreibung (*SetEleSel*, siehe Abschnitt 2.5.1) die vorgegebene Leitfähigkeitsgruppe zugewiesen.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{WKG}	I	Nummer der Leitfähigkeitsgruppe.

Tabelle 2.194: Zuweisung einer Leitfähigkeitsgruppe

2.19.3 *SetKnoTemp*

Mit dem Kommando *SetKnoTemp* werden in einem Quadergebiet - im lokalen oder globalen Koordinatensystem - feste Knotentemperaturen vorgegeben. Über die Vorgabe der Freiheitsgradkenner können bereits vorhandene Freiheitsgrade aus der *B&B*-Eingabedatei in vorgegebene Knotentemperaturen umgesetzt werden. Werden keine Freiheitsgradkenner vorgegeben, werden alle im Befehl *SetKnoTemp* spezifizierten Knoten mit der vorgegebenen Temperatur belegt. Zur Kontrolle können gesetzte Knotentemperaturen optional als Freiheitsgradwerte in der *B&B*-Eingabedatei gesetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
T	R	Temperaturwert.
K_{Tx}	I	1: Tx-Freiheitsgrad wird als Zwangstemperatur interpretiert.
K_{Ty}	I	1: Ty-Freiheitsgrad wird als Zwangstemperatur interpretiert.
K_{Tz}	I	1: Tz-Freiheitsgrad wird als Zwangstemperatur interpretiert.
K_{Sx}	I	1: Tx-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sy}	I	1: Ty-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sz}	I	1: Tz-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.

Tabelle 2.195: Knotentemperaturen für *ANTRAS-B&B-TEMP*

2.19.4 *SetKnoTempI*

Mit dem Kommando *SetKnoTempI* werden nach Berschreibung durch einen Interpolator (siehe Abschnitt 2.6.4) Knotentemperaturen für eine *ANTRAS-B&B-TEMP*-Berechnung gesetzt. Zur Kontrolle können gesetzte Knotentemperaturen optional als Freiheitsgradwerte in der *B&B*-Eingabedatei gesetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
N_{Int}	I	Nummer des Interpolators.
K_{Sx}	I	1: Tx-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sy}	I	1: Ty-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sz}	I	1: Tz-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.

Tabelle 2.196: Knotentemperaturen für *ANTRAS-B&B-TEMP* mit Interpolator

In nachfolgendem Beispiel wird die Eingabe linear veränderlicher Knotentemperaturen auf der Deckfläche eines Modells dargestellt. Zunächst wird der Interpolator für das Quadergebiet geschrieben. Auf diesen bezieht sich das Kommando zur Generierung der Knotentemperaturen *SetKnoTemp*. Das Resultat der Generierung ist in Abbildung 2.34 zu sehen.

```
# Interpolator
#      Nr KS ->Q        - x ---- - y --- - z ---  R1: T
InterPQ 1 0 0. 0. 355. 120.1 0.1 0.1 592.1 1. 1. 473. 1073. 1073. 473. 473. 1073. 1073.  473.
#           Ip  - Frg ------
setknotempi  1  0 0 0  1 0 0
```

Da in nachfolgendem Beispiel Strahlungsrandbedingungen herrschen, ist die Temperatur in $^\circ K$ einzugeben. In der Darstellung wird die Temperaturverteilung wie in diesem Fall wahlweise in $^\circ C$ umgerechnet.

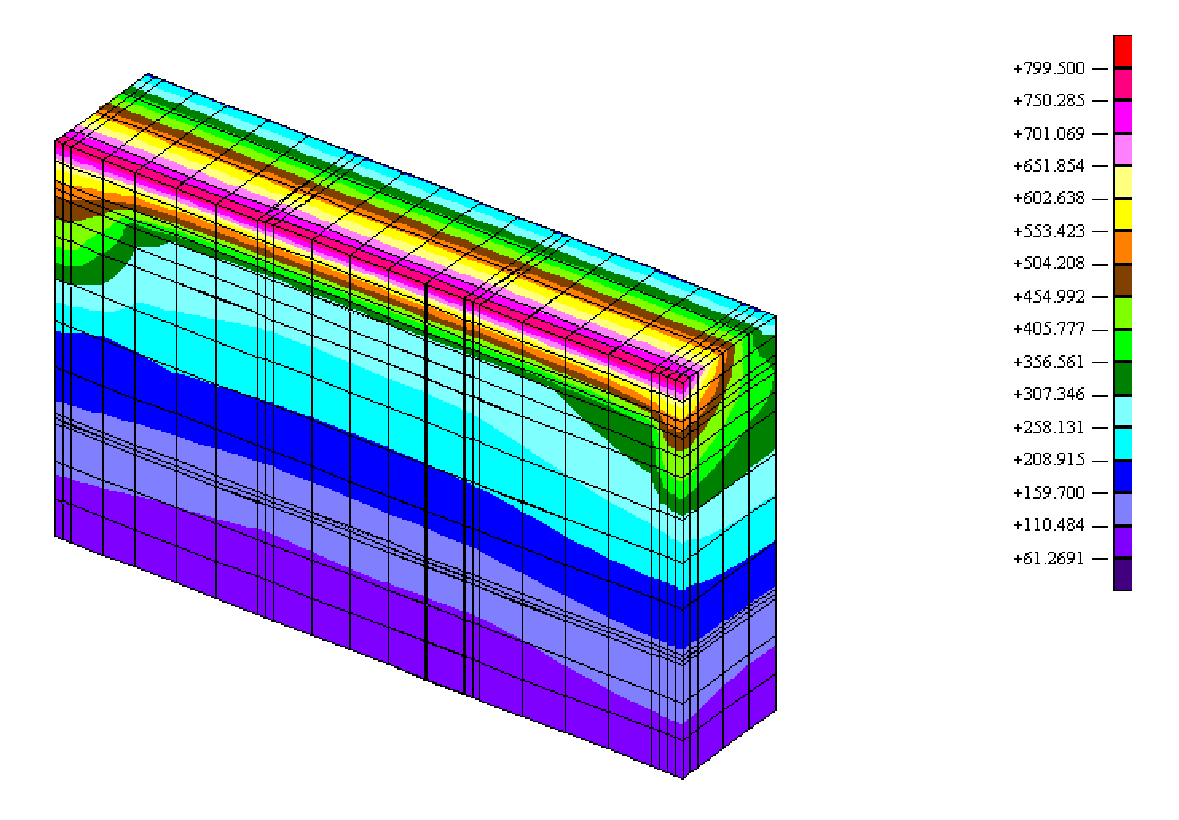


Abbildung 2.34: Vorgabe fester Temperaturen mittels Interpolator

2.19.5 ***SetOKoVek***

Mit dem Kommando *SetOKoVek* werden in einem Quadergebiet - im lokalen oder globalen Koordinatensystem - Konvektionsrandbedingungen vorgegeben. Über die Vorgabe der Freiheitsgradkenner können bereits vorhandene Freiheitsgrade aus der *B&B*-Eingabedatei in vorgegebene Konvektionsknoten umgesetzt werden. Werden keine Freiheitsgradkenner vorgegeben, werden alle im Befehl *SetOKoVek* spezifizierten Knoten mit der vorgegebenen Temperatur als Konvektionsknoten spezifiziert. Elementoberflächen, deren Knoten als Konvektionsknoten spezifiziert werden, werden als Konvektionsflächen festgelegt. Die Elemente der Konvektionsoberflächen können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden. Zur Kontrolle können gesetzte Knoten der Oberflächenkonvektion optional als Freiheitsgradwerte in der *B&B*-Eingabedatei gesetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
T	R	Temperaturwert.
N_{Kv}	I	Nummer der Konvektionsgruppe.
K_{Tx}	I	1: Tx-Freiheitsgrad wird als Konvektionsknoten interpretiert.
K_{Ty}	I	1: Ty-Freiheitsgrad wird als Konvektionsknoten interpretiert.
K_{Tz}	I	1: Tz-Freiheitsgrad wird als Konvektionsknoten interpretiert.
K_{Sx}	I	1: Tx-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sy}	I	1: Ty-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sz}	I	1: Tz-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.

Tabelle 2.197: Konvektionsrandbedingungen für *ANTRAS-B&B-TEMP*

2.19.6 *SetOStra*

Mit dem Kommando *SetOStra* werden in einem Quadergebiet - im lokalen oder globalen Koordinatensystem - Strahlungsrandbedingungen vorgegeben. Über die Vorgabe der Freiheitsgradkenner können bereits vorhandene Freiheitsgrade aus der *B&B*-Eingabedatei in vorgegebene Strahlungsknoten umgesetzt werden. Werden keine Freiheitsgradkenner vorgegeben, werden alle im Befehl *SetOStra* spezifizierten Knoten mit der vorgegebenen Temperatur als Strahlungsknoten spezifiziert. Elementoberflächen, deren Knoten als Strahlungsknoten spezifiziert werden, werden als strahlende Oberflächen festgelegt. Die Elemente der Strahlungsoberflächen können wahlweise mit dem Kommando *SetEleSel* selektiert werden. Zur Kontrolle können gesetzte Knoten der Oberflächenstrahlung optional als Freiheitsgradwerte in der *B&B*-Eingabedatei gesetzt werden.

Parameter	Typ	Beschreibung
QG	Q	Quadergebiet (siehe Abschnitt 1.7).
N_{KSys}	I	Nummer des lokalen Koordinatensystems (0:global).
T	R	Temperaturwert.
N_{Kv}	I	Nummer der Strahlungsgruppe.
K_{Tx}	I	1: Tx-Freiheitsgrad wird als Strahlungsknoten interpretiert.
K_{Ty}	I	1: Ty-Freiheitsgrad wird als Strahlungsknoten interpretiert.
K_{Tz}	I	1: Tz-Freiheitsgrad wird als Strahlungsknoten interpretiert.
K_{Sx}	I	1: Tx-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sy}	I	1: Ty-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.
K_{Sz}	I	1: Tz-Freiheitsgrad wird zur Kontrolle in *B&B*-Daten gesetzt.

Tabelle 2.198: Strahlungsrandbedingungen für *ANTRAS-B&B-TEMP*

2.19.7 *SetTempErg*

Mit dem Kommando *SetTempErg* werden die Parameter für die Berechnung und die Listenerstellung der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Berechnung festgelegt (Datenart 11-12).

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Name der Eingabedatei für *ANTRAS-TEMP-MAIN*.
K_D	I	1: Datenart 11 (Knotenbezogene Ergebniskomponenten).
...	...	Parameter der Datenart 11 (siehe [ATM]).
K_D	I	2: Datenart 12 (Elementbezogene Ergebniskomponenten).
...	...	Parameter der Datenart 12 (siehe [ATM]).

Tabelle 2.199: Eingabeparameter für *ANTRAS-B&B-TEMP*-Berechnung

2.19.8 *WriteTemp*

Mit dem Kommando *WriteTemp* werden die erfaßten FE-Daten im Format *ANTRAS-B&B-TEMP*Version 2.60 in die vorgegebene Datei geschrieben.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Name der Eingabedatei für *ANTRAS-TEMP-CHECM*. (siehe auch Handbuch *ANTRAS-TEMP-CHECK* [ATC]).

Tabelle 2.200: Schreiben der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Eingabe

In nachfolgendem Beispiel wird die Generierung einer *ANTRAS-B&B-TEMP*-Eingabedatei aus einer *B&B*-Datei skizziert.

Anmerkungen:

- *include* 0
  Datenarten 1 - 15: Vorsätze der FE-Daten (siehe auch [ATC])
- *include* 1
  Datenarten 29 - 35: Gruppendaten FE-Daten (siehe auch [ATC])
- *include* 2
  Datenarten 1 - 3: Vorsätze der Berechnung (siehe auch [ATM])

```
include 0 include1-data
include 1 include2-data
include 2 include3-data

add T-Prof-01.ein

# Knotenpunkttemperaturen setzen
--------------------------------
setknotemp 10 5 10 1 1 7 7 11 11 0 0 1000 0 0 0

# Oberflaechenkonvektion setzen
-------------------------------
setOKovek   0 5 10 1 1 7 7 11 11 0 0 20 0 0 0

# Schreiben der Ergebnisliste
-----------------------------
settemperg Mein.T01 1 0 0 1 1 1 1
settemperg Mein.T01 2 1 3000 1

# ANTRAS - Datei schreiben
# ------------------------
writetemp CEIN.T01
```

2.20 *ANTRAS-B&B-TEMP*-Auswertung

Mit den in diesem Abschnitt zusammengestellten Kommandos werden die Ergebnisse aus der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisdatei gelesen und in das Format *BBE* umgesetzt.

2.20.1 *Antras2BBE_Init*

Mit dem Kommando *Antras2BBE_Init* wird eine neue *BBE*-Datei angelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
$File$	S	Name der *BBE*-Ergebnisdatei.
N_{Lf}	I	Nummer des Lastfalls.
N_{Kno}	I	Anzahl der Knotenergebnisse.

Tabelle 2.201: Initialisierung der *TEMP-BBE*-Datei

2.20.2 *KnoTempLoad*

Mit dem Kommando *KnoTempLoad* werden die Knotentemperaturdaten aus der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisliste geladen und in die angelegte *BBE*-Datei geschrieben. Das Kommando erwartet einen Aufruf von *Antras2BBE_Init*.

Parameter	Typ	Beschreibung
$File$	S	Name der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisliste.
T_0	R	Temperaturnullpunkt zur Umrechnung von $°C$ in $°K$ (optional).

Tabelle 2.202: Laden der Temperaturfelddaten

2.20.3 *KnoWStromLoad*

Mit dem Kommando *KnoWStromLoad* werden die Knotenwärmeströme aus der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisliste geladen und in die angelegte *BBE*-Datei geschrieben. Das Kommando erwartet einen Aufruf von *Antras2BBE_Init*.

Parameter	Typ	Beschreibung
$File$	S	Name der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisliste.

Tabelle 2.203: Laden der Knotenwärmestromdaten

2.20.4 *KnoRStromLoad*

Mit dem Kommando *KnoRStromLoad* werden die Knotenreaktionswärmeströme aus der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisliste geladen und in die angelegte *BBE*-Datei geschrieben. Das Kommando erwartet einen Aufruf von *Antras2BBE_Init*.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Name der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisliste.

Tabelle 2.204: Laden der Knotenreaktionswärmestromdaten

2.20.5 ***Antras2BBE_Exit***

Mit dem Kommando *Antras2BBE_Exit* wird die generierte *BBE*-Datei geschlossen.

In nachfolgendem Beispiel wird die Umsetzung der *ANTRAS-B&B-TEMP*-Ergebnisdaten in das *BBE*-Format dargestellt. Die *BBE*-Ergebnisdatei kann mit der *B&B*-Eingabedatei im Programm *BUBVIEW* visualisiert werden.

```
antras2bbe_init T-Prof-01.bbe  1 3000
knotempload MLIS.t01
antras2bbe_exit
```

Das Resultat der oben skizzierten Temperaturfeldberechnung wird in Abbildung 2.35 dargestellt. Der Quader wird auf der rechten Seite mit einer festen Temperatur von 1000°C belegt. Auf der linken Seite wird dem Quader über eine Konvektionsrandbedingung Wärme bei 20°C entnommen. Aus der Berechnung folgt ein Temperaturfeld mit einem linearen Temperaturübergang von 1000°C nach 308°C.

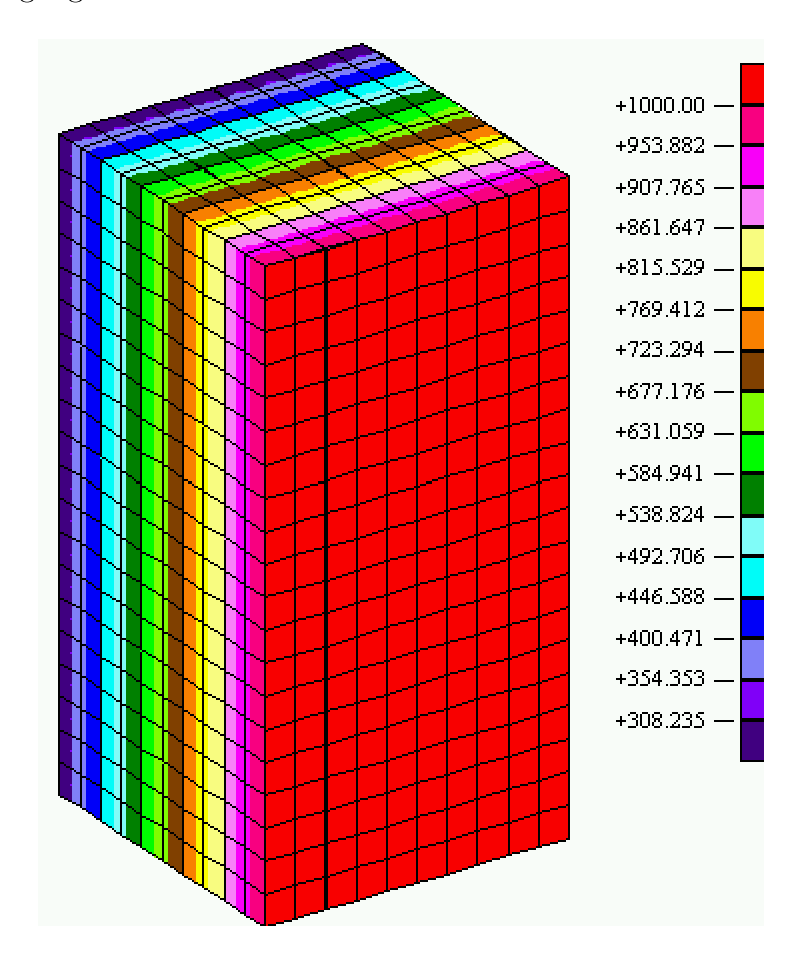


Abbildung 2.35: Temperaturfeld

2.21 Kommandos zur Darstellung der Elementtemperaturen

In diesem Abschnitt wird dargestellt, wie Elementtemperaturen als Pseudolastfall über das Erstellen einer *BBE*-Datei als Elementvergleichsspannungen visualisert werden können. Es ist zunächst eine *BBE*-Datei zu initialisieren. In einem weiteren Schritt werden die Elementtemperaturen als Vergleichsspannungen umgesetzt. Abschließen wird die *BBE*-Datei geschlossen.

2.21.1 *EleTemp2BBE_Init*

Mit dem Kommando *EleTemp2BBE_Init* wird eine neue *BBE*-Datei für die Visualisierung der Elementtemperaturen angelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Name der *BBE*-Ergebnisdatei.

Tabelle 2.205: Initialisierung der *TEMP-BBE*-Datei für Elementtemperaturen

2.21.2 *EleTemp2BBE*

Mit dem Kommando *EleTemp2BBE* werden die Elementtemperaturen als Elementvergleichsspannungen (nur für Faltwerkelemente implementiert) in die zuvor initialiserte *BBE*-Datei geschrieben.

Parameter	Typ	Beschreibung
File	S	Name der *BBE*-Ergebnisdatei.
N_{Lf}	I	Lastfallnummer.

Tabelle 2.206: Schreiben der Elementtemperaturen als Vergleichsspannungen

2.21.3 *EleTemp2BBE_Exit*

Mit dem Kommando *EleTemp2BBE_Exit* wird die *BBE*-Datei der Elementtemperaturen geschlossen.

Beispiel:

In diesem Beispiel wird eine *BBE*-Datei (`sb-B1T.bbe`) zur Visualiserung der Elementtemperaturen angelegt. Die Elementtemperaturen werden als Vergleichsspannungen des Lastfalls `5` geschrieben.

```
# Elementtemperaturen als Sig_V
eletemp2bbe_init sb-B1T.bbe
eletemp2bbe sb-B1T.bbe 5
eletemp2bbe_exit
```

2.22 Kommandos für *ANSYS*-Ergebnisimporte

Ergebnisdaten aus *ANSYS*-Berechnungen können mit den Kommandos dieser Kommandogruppe in *BBE*-Dateien konvertiert werden, falls die Systemdaten im *B&B*-Format vorliegen.

FE-Daten, die mit dem Netzgenerator *FEMAP* zusammengestellt wurden, können direkt in das *ANSYS*-Format ausgegeben werden. Über das *B&B*-Schnittstellenprogramm *FEMAPLNK* werden die Daten aus *FEMAP* über das Neutralformat in *B&B*-FE-Eingabedaten konvertiert. Liegen die Geometriedaten im *B&B*-Format vor, so können mit Hilfe dieser Information Ergebnisdaten aus ANSYS-Berechnungen in das *B&B*-Format *BBE* importiert werden.

2.22.1 *Ans2BBE_Init*

Mit dem Kommando *Ans2BBE_Init* wird das *BBE*-Api angemeldet, eine *BBE*-Datei wird für die Zusammenstellung der zu importierenden *ANSYS*-Ergebnisdaten erstellt. Die maximale Anzahl der Elemente bzw. Knoten sind zur Initialisierung der Datei vorzugeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
Datei	S	Bezeichnung der zu erstellenden BBE-Ergebnisdatei.
N_{Anz}	I	Maximale Anzahl der Elemente bzw. Knoten.

Tabelle 2.207: Initialisieren einer BBE-Datei für *ANSYS*-Ergebniswerte

2.22.2 *Ans2BBE_Load*

Mit dem Kommando *Ans2BBE_Load* werden einzelne *ANSYS*-Ergebnisdateien in die BBE-Datei geladen. Zur Zeit werden nur die Text-Ergebnisdateien einer *ANSYS*-Berechnung unterstützt, die die Spannungswerte, die Knotenverformungen oder die Knotenspannungen bei Volumenelementen enthalten.

Parameter	Typ	Beschreibung
Datei	S	Bezeichnung der zu konvertierenden *ANSYS*-Datei.
N_{Lf}	I	Nummer des zu generierenden Lastfalls. Diese Lastfallnummer muß nicht unbedingt mit der *ANSYS*-Lastfallnummer übereinstimmen.
N_{Typ}	I	Ergebnistyp:
		0: Koordinaten- und Vergleichsspannung Flächenelemente.
		1: Knotenverformungen bzw. -verdrehungen.
		2: Knotenspannungen bei Volumenelementen(1).
		3: Knotenkräfte(2).

Tabelle 2.208: Einlesen einer *ANSYS*-Ergebnisdatei

(1) Die Spannungen werden an den Knoten eines Elements ermittelt und sind keine gemittelten Spannungswerte.

(2) Die Elementkräfte werden aus der *ANSYS*-Datei eingelesen und als Auflagerkräfte gespeichert.

2.22.3 *Ans2BBE_Exit*

Mit dem Kommando *Ans2BBE_Exit* wird der *ANSYS*-Ergebnisdatenimport abgeschlossen. Die BBE-Datei wird geschlossen, das API abgemeldet.

2.22.4 Ein Beispiel

In nachfolgendem Beispiel wird demonstriert, wie Ergebnisdaten aus einer ANSYS-Datenbank extrahiert und in eine *B&B-BBE*-Ergebnisdatei geschrieben werden können.

Schritt 1:

Nach dem die Berechnung mit *ANSYS* durchgeführt wurde, werden mit nachfolgenden Steuersequenzen die *ANSYS* Ergebnislisten exportiert.

Mit dem ersten Exportschritt werden die Spannungen der Flächenelemente an Elementunterseite (*BOT*) und Elementeoberseite (*TOP*) in die Dateien `SpannungenLF1.txt` bis `SpannungenLF5.txt` geschrieben. Es werden die Koordinatenspannungen und die Vergleichsspannung übernommen.

```
/POST1

ETABLE,ERASE
!*
RSYS,0
AVPRIN,0,0
SHELL,BOT
AVRES,1
/EFACET,1
LAYER,0
FORCE,TOTAL
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE, ,S,X
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE, ,S,Y
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE, ,S,XY
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE, ,S,EQV
!*
!*
RSYS,0
AVPRIN,0,0
SHELL,TOP
AVRES,1
/EFACET,1
LAYER,0
FORCE,TOTAL
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE,SX-Top,S,X
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE,SY-Top,S,Y
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE,SXY-Top,S,XY
!*
AVPRIN,0,0,
ETABLE,SEQV-Top,S,EQV
```

```
!*

/output,SpannungenLF1,txt
SET,FIRST
etable, refl
PRETAB,
!*
/output,SpannungenLF2,txt
SET,NEXT
etable, refl
PRETAB,
!*
/output,SpannungenLF3,txt
SET,NEXT
etable, refl
PRETAB,
!*
/output,SpannungenLF4,txt
SET,NEXT
etable, refl
PRETAB,
!*
/output,SpannungenLF5,txt
SET,NEXT
etable, refl
PRETAB,
!*
```

Mit dem zweiten Exportschritt werden die Verformungen der Knoten in die Dateien `VerformungenLF1.txt` bis `VerformungenLF5.txt` geschrieben.

```
/POST1

/output,VerformungenLF1,txt
SET,FIRST
!*
PRNSOL,DOF,
PRETAB,
!*
/output,VerformungenLF2,txt
SET,NEXT
!*
PRNSOL,DOF,
PRETAB,
!*
/output,VerformungenLF3,txt
SET,NEXT
!*
```

```
PRNSOL,DOF,
PRETAB,
!*
/output,VerformungenLF4,txt
SET,NEXT
!*
PRNSOL,DOF,
PRETAB,
!*
/output,VerformungenLF5,txt
SET,NEXT
!*
PRNSOL,DOF,
PRETAB,
!*
```

Schritt 2:

Es werden 5 Lastfälle geladen, wobei maximal 38800 Knoten- bzw. Elemente berücksichtigt werden. Nach dem das Laden der Ergebnisdaten initialisiert wurde, werden die einzelnen Ergebnislisten, die aus *ANSYS* heraus geschrieben wurden, in die *BBE*-Ergebnisdatei eingeladen. Abschließend wird das API wieder abgemeldet und die Ergebnisdatei abgeschlossen.

```
# API anmelden
ans2bbe_init Ergebnisse.bbe 5 38800

# Laden der Spannungsdaten
ans2bbe_load SpannungenLF1.txt        1 0
ans2bbe_load SpannungenLF2.txt        2 0
ans2bbe_load SpannungenLF3.txt        3 0
ans2bbe_load SpannungenLF4.txt        4 0
ans2bbe_load SpannungenLF5.txt        5 0

# Laden der Verformungsdaten
ans2bbe_load VerformungenLF1.txt      1 1
ans2bbe_load VerformungenLF2.txt      2 1
ans2bbe_load VerformungenLF3.txt      3 1
ans2bbe_load VerformungenLF4.txt      4 1
ans2bbe_load VerformungenLF5.txt      5 1

# API abmelden
ans2bbe_exit
```

2.22.5 *Ans2BBE_LoadSig*

Mit dem Kommando *Ans2BBE_LoadSig* werden aus einer *ANSYS*-Ergebnisdatei Normalspannungen von Schalen- bzw. Faltwerkelementen eines Lastfalls gelesen (siehe Tabelle 2.209). Wahlweise können diese Spannungswerte mit einer Elementdicke skaliert werden, um in *B&B-VIEW* als Schnittkräfte dargestellt zu werden. Aufgrund der Probleme bei der automatischen Festlegung der Elementtable bei *ANSYS* wird die Position der Spannungswerte einzeln behandelt, d.h. es werden die Spannungswerte für Ober- bzw. Unterseite getrennt eingelesen. Wahlweise kann der Spannungswert in der Mittelfläche durch Mittelwertbildung generiert werden.

Beispiel:

```
ans2bbe_init test.bbe 4 6000

# Skalierung mit 10
#               File         Lf  Ort Do Erg Skal
ans2bbe_loadsig SigLF1-u.txt  2   1   0  0
ans2bbe_loadsig SigLF1-o.txt  2   0   2  1   10.

# Skalierung mit 20
#               File         Lf  Ort Do Erg Skal
ans2bbe_loadsig SigLF3-u.txt  4   1   0  0
ans2bbe_loadsig SigLF3-o.txt  4   0   2  2   20.

ans2bbe_exit
```

Anmerkung:

Um die Querkräfte aus den Schubspannungen zu ermitteln, kann *Ans2BBE_LoadSig* ebenfalls verwendet werden. Es sind die folgenden Analogien zu beachten:

$$\sigma_{xx} \Leftrightarrow \sigma_{xz}$$
$$\sigma_{yy} \Leftrightarrow \sigma_{yz}$$
$$\sigma_{xy} \Leftrightarrow \sigma_{zz}$$

Parameter	Typ	Beschreibung
Datei	S	Bezeichnung der *ANSYS*-Datei.
N_{Lf}	I	Nummer des zu generierenden Lastfalls. Diese Lastfallnummer muß nicht unbedingt mit der *ANSYS*-Lastfallnummer übereinstimmen.
N_{Ort}	I	Kenner für Auswerteort:
		0: Spannungen für Oberseite.
		1: Spannungen für Unterseite.
		2: Spannungen für Mittelfläche.
N_{Do}	I	Kenner für Ausführungsart:
		0: Datenbestand initialisieren.
		1: Datenbestand ergänzen.
		2: Datenbestand ergänzen, Mittelflächendaten berechnen.
N_{Mode}	I	Ergebnistyp:
		0: Keine Übernahme.
		1: Ermitteln der Schnittkraft und Speichern auf σ_V.
		$S_{xx} = \sigma_{xx,0} * S_{Fak} \;\Rightarrow\; \sigma_{V,+} \;\Rightarrow\; (0)$
		$S_{xy} = \sigma_{xy,0} * S_{Fak} \;\Rightarrow\; \sigma_{V,0} \;\Rightarrow\; (1)$
		$S_{yy} = \sigma_{yy,0} * S_{Fak} \;\Rightarrow\; \sigma_{V,-} \;\Rightarrow\; (2)$
		2: Maximale Schnittkräfte in σ_V übernehmen (wie 1).
		Betragsmäßiges Maximum$(\sigma_{xx}, \sigma_{yy})$:$\Rightarrow \sigma_{V,+}$ Absolutes Maximum$(\sigma_{xx}, \sigma_{yy})$:$\Rightarrow \sigma_{V,-}$ Absolutes Minimum$(\sigma_{xx}, \sigma_{yy})$:$\Rightarrow \sigma_{V,0}$
S_{Fak}	R	Skalierungsfaktor zur Berechnung der Schnittkraft (optional).
S_1	S	1. Suchbegriff in *ANSYS*-Datei (optional)(1).
S_2	S	2. Suchbegriff in *ANSYS*-Datei (optional)(1).

Tabelle 2.209: Einlesen der σ-Spannungen einer *ANSYS*-Ergebnisdatei

(1) Werden die Suchbegriffe in der *ANSYS*-Datei nicht gefunden wird abgebrochen.

2.23 Elliptische Seilnetze - Memlips

Mit dem Kommando *Memlips* werden elliptische Seilnetze generiert. Die Abmessungen und die Maschenweite des Seilnetzes sind variabel (siehe Abbildung 2.36). Zudem sind Grenzen für die minimal zulässige Elementlänge und den Randfang vorzugeben. Der Randfang beschreibt den Grenzwert, ab dem ein Knoten als auf dem Ellipsenrand liegend angesehen wird.

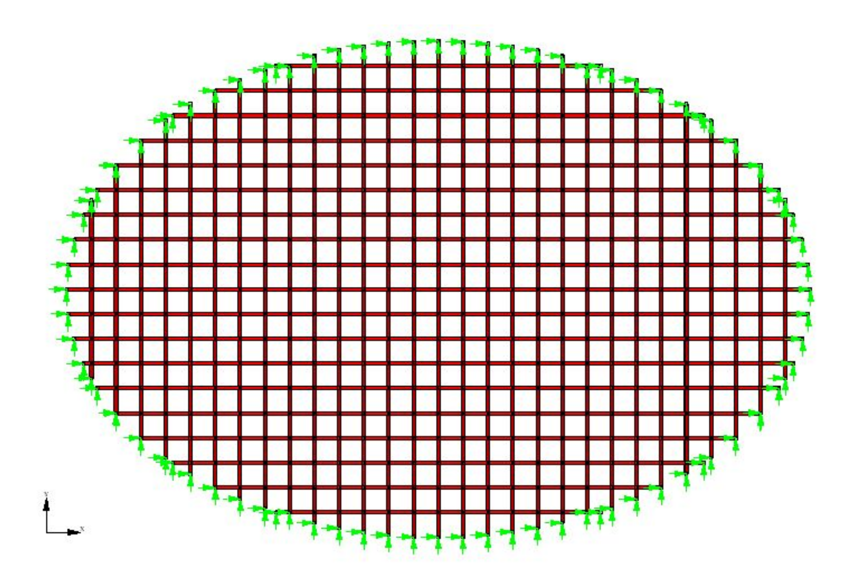


Abbildung 2.36: Elliptisches Seilnetz

Parameter	Typ	Beschreibung
dLx	R	Länge in Richtung der ersten Achse.
dLy	R	Länge in Richtung der zweiten Achse.
$nIncx$	I	Inkrementierung in Richtung der ersten Achse.
$nIncy$	I	Inkrementierung in Richtung der zweiten Achse.
$dEpsilon$	R	Minimal zulässige Elementlänge.
$dFang$	R	Randfanggenauigkeit.

Tabelle 2.210: Generierung eines elliptischen Seilnetzes

Im nachfolgenden Beispiel wird ein elliptisches Seilnetz mit den Abmessungen 0.150 x 0.100 m und einer Maschenweite von 0.01 m generiert. Die minimal zulässige Elementlänge ist hier auf 0.001 und die Randfanggenauigkeit auf 0.00001 festgelegt.
Zuächst werden die zur Kennzeichnung des Projektes und zur Programmsteuerung erforderlichen Datensätze eingefügt (Datei *kopf.ein*). Die Material- und Querschnittsangaben werden festgelegt (Datei *gruppen.ein*) und der Datensatz zur Berücksichtigung des Eigengewichts hinzugefügt (Datei *lasten.ein*). Die Elemente parallel zur ersten Achse sind

der Material- und Querschnittsgruppe 1, die Elemente parallel zur zweiten Achse der Material- und Querschnittsgruppe 2 zugeordnet.
Die letzte Datei beinhaltet die Datensätze für die Vorspannung und die Eigenfrequenzberechnung (Datei *vorspannung.ein*). Das Teilprogramm *Memlips* wird aufgerufen und die Parameter zur Generierung des elliptischen Seilnetzes definiert. Abschließend wird das Resultat in *memlips.ein* geschrieben.

Die Liste der Kommandos, um das elliptische Seilnetz zu generieren, wird in der Steuerdatei *Memlipse.ste* dargestellt (siehe unten).

```
# Formatiert einlesen
format 0

# Umfang der Protokollierung
trace 2

# Kopfdaten
include 0 kopf.ein

# Material- und Querschnittsgruppen
include 1 gruppen.ein

# Lastdaten
include 2 lasten.ein

# Daten nach Lastdaten
include 3 vorspannung.ein

memlips  .150  .100 16 11 1.E-3 1.E-5

# Datei schreiben
write memlips.ein
```

Nachfolgend ist die Datei *lasten.ein* dargestellt.

```
     Eigengewicht
     ============
 43  1     0 +0.0000 +0.0000 +1.0000
```

Der Benutzer muss im Datensatz für die Vorspannung (Datensatz 48) sowohl die Größe der Vorspannkraft als auch (bei unterschiedlichen Vorspannkräften in beiden Richtungen) die Elementnummern in Richtung der ersten bzw. zweiten Achse (abzulesen aus Datensatz 36) anpassen (siehe unten in Datei *vorspannung.ein*).

```
     Vorspannung
     ===========
 48  1 0   1      75        0                          119   1
 48  1 0 120      75        0                          243   1
```

```
     Kenngroessen Dynamik
     ==================
 61  0 0   1 0   0   0   1    9.81

     Eigenfrequenz
     =============
 62       22   8 200   0.001
```

An dem oben beschriebenen Beispiel wurde eine Eigenfrequenzanalyse durchgeführt. Die erste Eigenform ist in Abbildung 2.37 dargestellt.

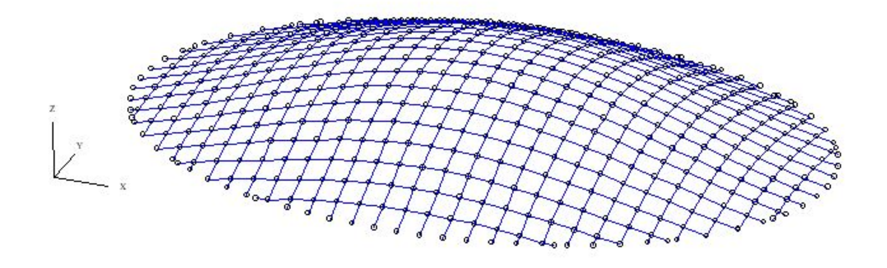


Abbildung 2.37: Erste Eigenform der Membranellipse

3 LUA-Abfrage-Kommandos und Funktionen

In diesem Kapitel werden die implemenierten *LUA*-Abfrage- und Eränzungs-Funktionen beschrieben. Abfrage-Funktionen werden benötigt, um im *LUA*-Skript entweder aus den generierten Daten neue Daten zu erzeugen[1] oder in Abhängigkeit von den generierten Daten Kommandos ausgeführen zu können[2].

Da der Standard-Skript keine dynamischen Steuerkonstrukte enthält, sind diese Kommandos nur im Rahmen eines LUA-Skripts sinnvoll einsetzbar.

Im Standardfall werden die erfragten Daten als Rückgabe Wert oder Werte der entsprechenden Funktion geliefert (siehe auch Abschnitt 1.12).

[1]Wenn z.B. eine Belastung in Form von Flächenlasten aufgebracht werden soll und die Summe dieser Lasten einen vorgegebenen Wert erreichen sollen.

[2]Wenn Genauigkeiten von Berechnungen ermittelt werden können, ist es möglich entsprechende Iterationsschleifen im *LUA*-Skript aufzubauen.

3.1 Konvertierungsfunktionen

3.1.1 *to_int*

Parameter	Typ	Beschreibung
val	R/I	nach Integer (int) zu konvertierender Wert.

Tabelle 3.1: Ganzzahlige Konvertierung

3.2 Lasten

3.2.1 *QFLas*

Mit dem Kommando *QFLas* wird der resultierende Lastvektor aus den generierten Flächenlasten ermittelt und an das *LUA*-Skript übergeben. Als Parameter wird der zu untersuchende Lastfall vorgegeben. Die zu berücksichtigenden Elemente werden mit dem Kommando *SetEleSel* (siehe Abschnitt 2.5.1) festgelegt.

Parameter	Typ	Beschreibung
Lf	I	Lastfallnummer.

Tabelle 3.2: Ermittlung der Summe von Flächenlasten

Datenrückgabe: Es werden die folgenden Daten zurückgegeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
R	I	Return Code.
F_x	R	x-Komponente der resultierenden Belastung.
F_y	R	y-Komponente der resultierenden Belastung.
F_z	R	z-Komponente der resultierenden Belastung.

Tabelle 3.3: Rückgabe der Parameter von *QFlas*

Teil II

Beispiele

4 Anwendungsbeispiele

In nachfolgender Tabelle 4.1 werden die Beispiele der Dokumentation zusammengestellt, die in diesem Abschnitt erläutert werden.

Nr.	Titel	Beschreibung
1	Kuppeln	Aus einer Kuppel (Fachwerkstruktur) wird durch mehrfaches Kopieren eine Matrix mit 2x8 Kuppeln generiert.
2	Profil	Aus einem Profil, das durch Fachwerkstäbe in der X-Y-Ebene beschrieben wird, wird durch Extrusion in Z-Richtung ein dreidimensionales Profil generiert.
3	Trasformator	Für die Unterkonstruktion eines Transformators werden vertikale (Z-Richtung) Auflager generiert unter der Berücksichtigung der zu unterdrückenden Normalverdrehungen der im Model verwendeten Faltwerkelemente.
4	Freitragendes Tor	Aus zwei Bauteilen, dem Anfangsstück und dem Mittelstück, wird durch mehrfaches Hinzufügen ein Modell eines beliebig langen freitragenden Tores erzeugt.
5	DAVEX-Profil	Stabilitätsanalyse zum 3D-Modell des DAVEX-Profils *IS 100 200 K1 L1* aus Faltwerkelementen ausgehend von einer 2D-Beschreibung des Querschnitts mit Stabelementen.
6	Membran	Formfindung in einer Membram
7	Schraubenkraftermittlung	Für die Deckel-Board Verschraubung
8	LUA-Skript für Hausmodell	Modellierung eines eingeschossigen Hauses mit Teilunterkellerung mit Hilfe eines *LUA*-Skripts.

Tabelle 4.1: Zusammenstellung der Beipiele

4.1 Kopieren von Kuppeln

In nachfolgendem Beispiel wird das Bauteil Kuppel *cupula1.ein* (siehe Abbildung 4.1) zunächst eingelesen und der Datenbank hinzugefügt. Eine zweite Kopie wird verschoben und um die Kuppelbreite verschoben. Das Resultat (zwei Kuppeln) wird in eine Zwischendatei *cupula2.ein* kopiert (siehe Abbildung 4.2). Nach einem zweiten Kopieren werden vier Kuppeln generiert und in die Datei *cupula3.ein* kopiert. Nach einem letzten Kopierschritt wird das endgültige Resultuat in die Datei *cupulas.ein* geschrieben.

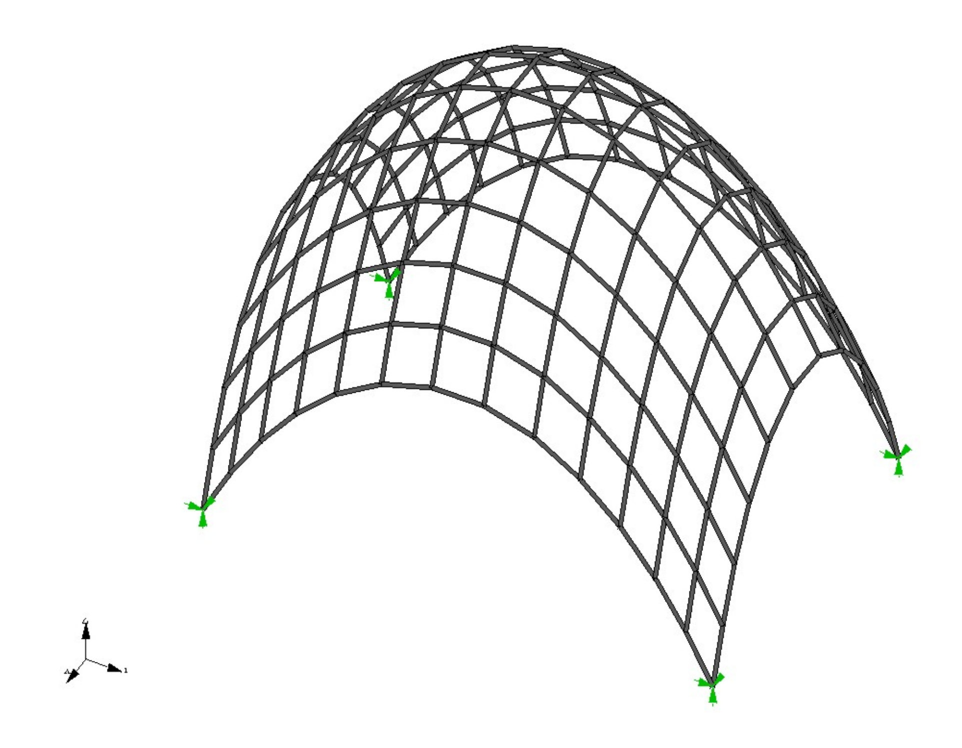


Abbildung 4.1: Bauteil Kuppel

Die Liste der Kommandos um das Stabwerk (siehe Abbildung 4.4) durch mehrfaches Kopieren aus dem Ausgangsbauteil (siehe Abbildung 4.1) zu erzeugen, werden in der Auflistung der Steuerdatei *cupulas.ste* dargestellt (siehe unten).

```
# Hinzufuegen des 1. Bauteils
add cupula1.ein 0 0

# Hinzufuegen des 2. Bauteils
add cupula1.ein 0 0

# ... und um 7 m in X-Richtung verschieben (letztes Bauteil)
move 7. 0. 0.

# Zwischendatei schreiben
write cupulas2.ein
```

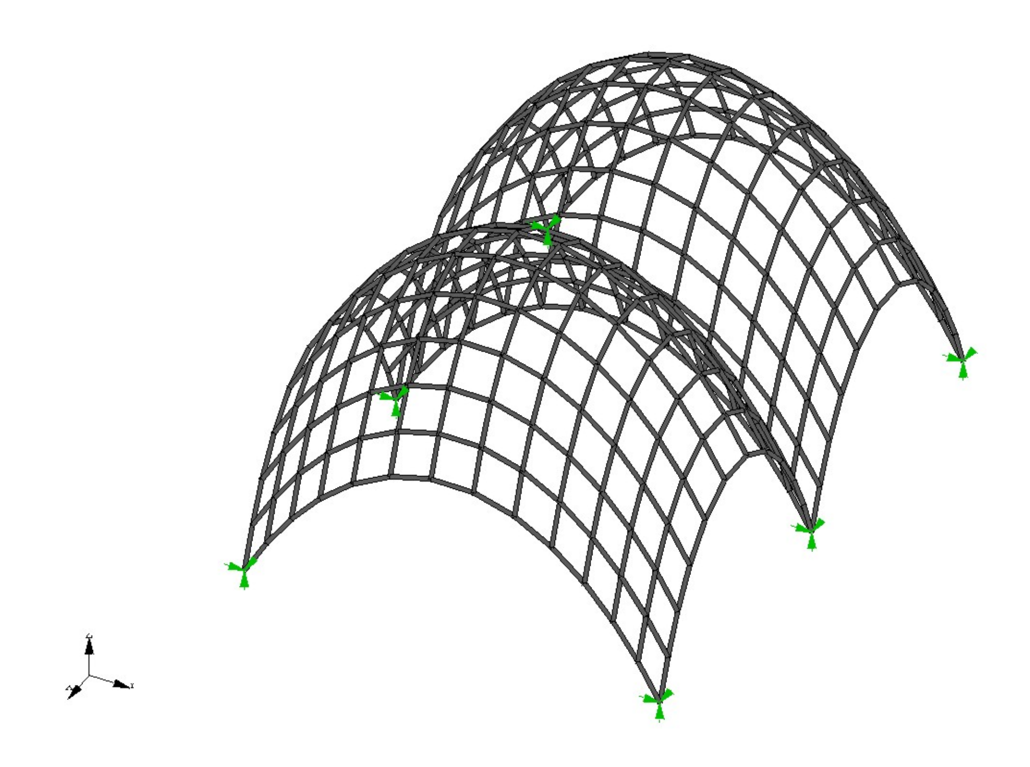


Abbildung 4.2: Zwei Kuppeln nach erstem Koppieren

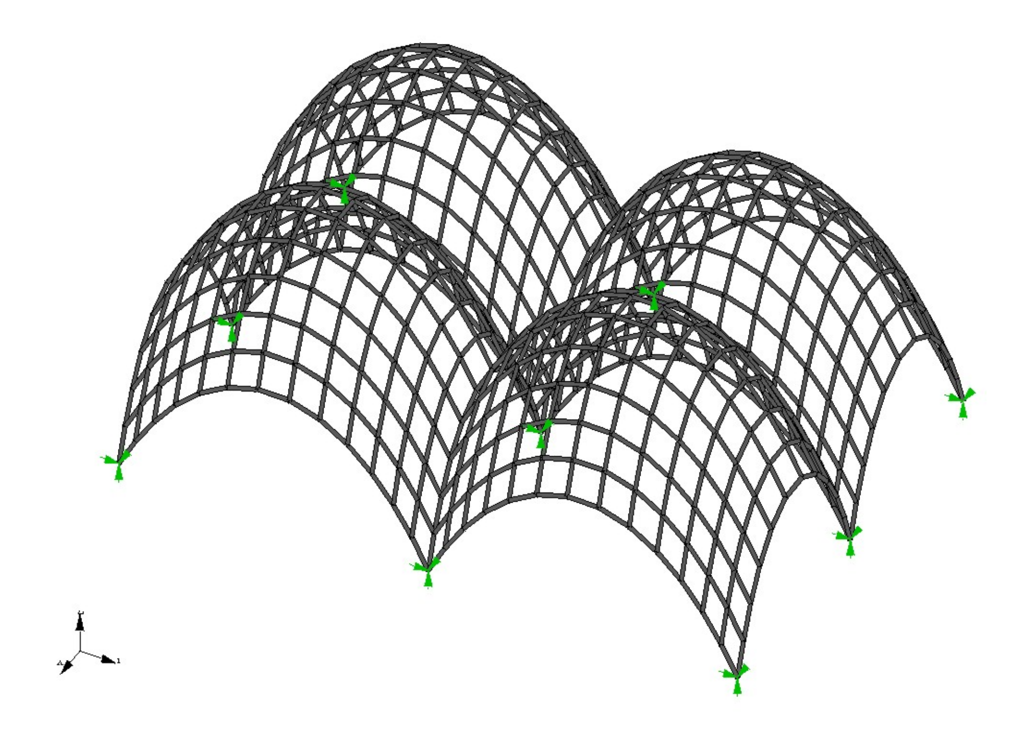


Abbildung 4.3: Vier Kuppeln nach zweitem Koppieren

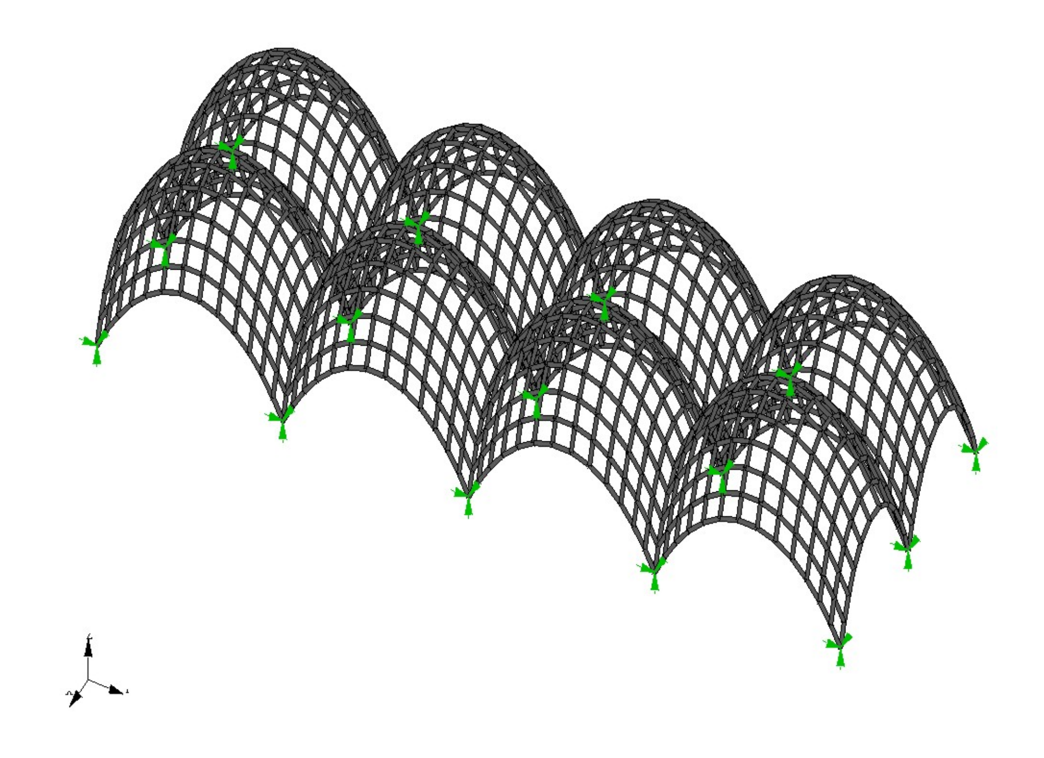


Abbildung 4.4: Acht Kuppeln nach drittem Koppieren

```
# Hinzufuegen des 3. Bauteils (das, was bereits generiert wurde)
add cupulas2.ein 0 0

# ... und um 10.2 in Y-Richtung (letztes Bauteil)
move 0. 10.2 0.

# Zwischendatei schreiben
write cupulas3.ein

# Hinzufuegen des 4. Bauteils (das, was bereits generiert wurde)
add cupulas3.ein 0 0

# ... und um 20.4 in Y-Richtung (letztes Bauteil)
move 0. 20.4 0.

# Dann verknuepfen der beiden Strukturen
connect 0.01 0.01

# zuletzt dann die Ausgabe der Daten in eine NEUE B&B-Datei
write cupulas.ein
```

4.2 Freitragendes Torlaufprofil

Das Profil (siehe Abbildung 4.5) soll mit Finiten Elementen nachgerechnet werden. Zunächst wird der Profilquerschnitt mit Stabelementen eingegeben (Datei *Querschnitt.ein*). Der als Stabwerk der Bauteilbibliothek hinzugefügte Querschnitt wird dann mit dem Kommando *Sweepln* in die X-Richtung gezogen. Das Resultat ist ein mit Faltwerkelementen modellierter Trager. Das Resultat wird in die Datei *5x12.ein* geschrieben.

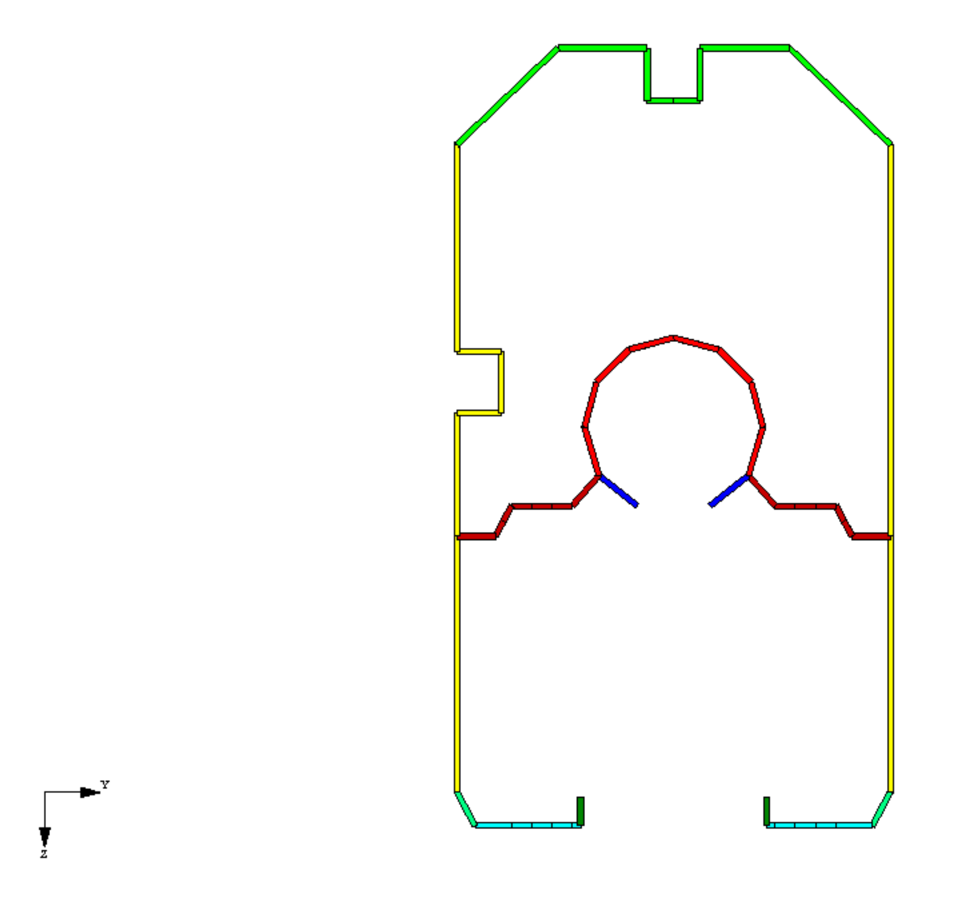


Abbildung 4.5: Bauteil Profil

Die Steuerdatei zum Beispiel lautet wie folgt:

```
# Hinzufuegen des Querschnittbauteils / Stabmodell
add     Querschnitt.ein 0 0 Stabwerk

# Sweepen des Profils: 5 Faltwerkelemente auf einer Laenge von 60 in X
sweepln 215 5 60 0 0

# Schreiben des Resultats in die Ausgabedatei 5x12.ein
write 5x12.ein
```

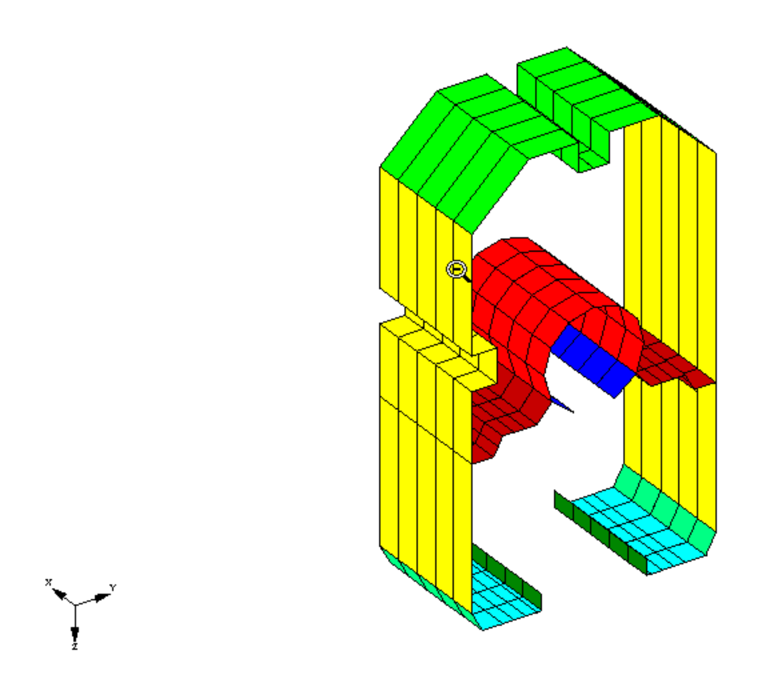


Abbildung 4.6: Extruiertes 3D-Profil

4.3 Lagerung einer Transformatorunterkonstruktion

Der in Abbildung 4.7 dargestellte Transformatorkessel soll in vertikaler Richtung (Z-Richtung) gelagert werden. Zusätzlich soll der Transformator an weiteren zwei Punkten so gelagert werden, dass das Gesamtsystem zwängungsfrei gelagert ist, d.h. z.B. ein Punkt in X- und Y- Richtung und ein weiterer Punkt nur in Y. Das Problem dieser Generierung ist, dass durch Verwendung der Faltwerk- bzw. Schalenelemente lokale Rotationsfreiheitsgrade um die Elementnormalenrichtung unterdrückt werden müssen. So werden automatisch, an den Knoten, an denen nur Faltwerk- bzw. Schalenelemente mit ebener Tangentialebene anschließen, schiefe Randbedinungen, d.h. Freiheitsgrade im lokale Koordinatensystem erzeugt. Da in diesem Beispiel nur die Unterkonstruktion von Interesse sein soll, wird zusätzlich die Ausgabe in die *B&B*-Eingabedatei durch den Befehl *SetQGp* eingeschränkt.

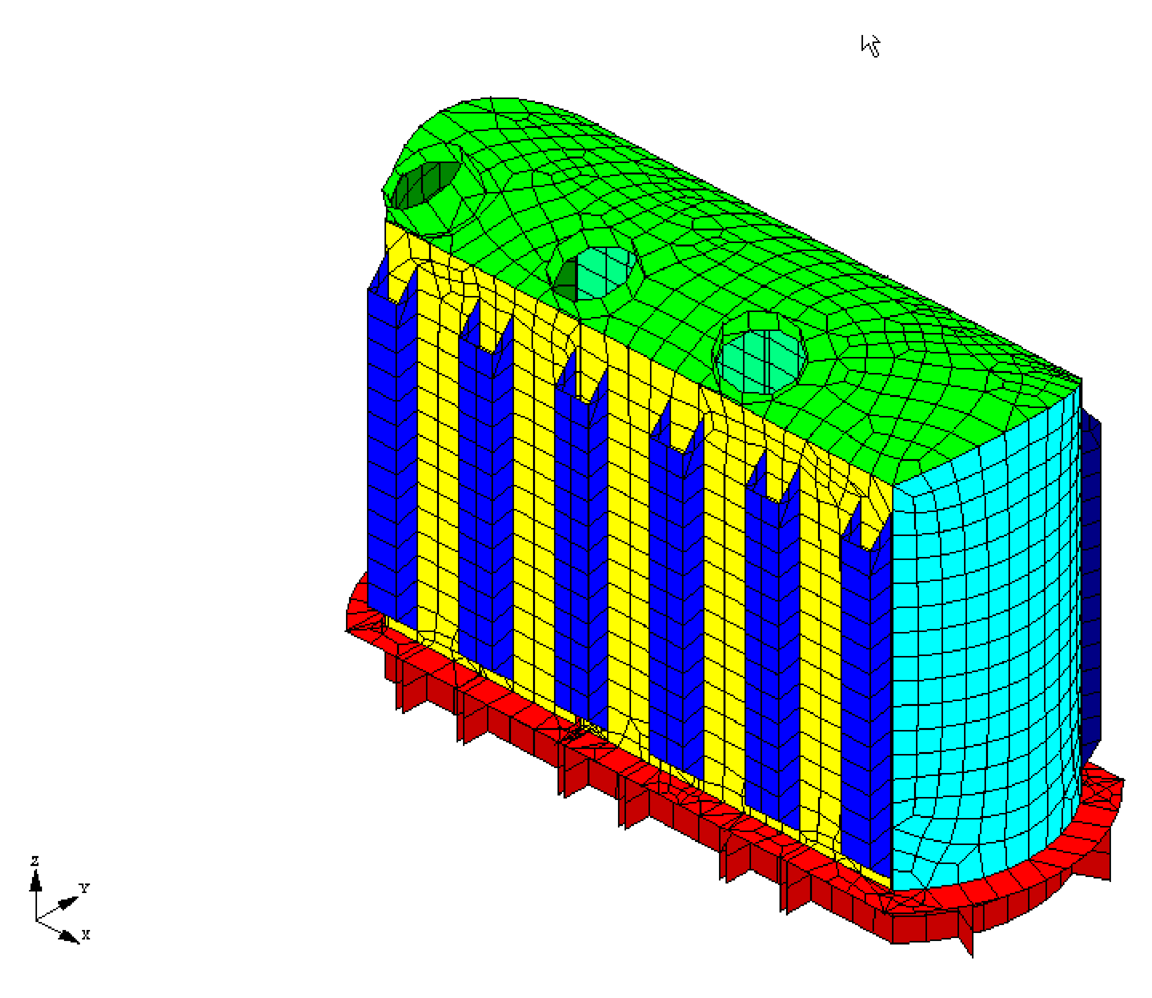


Abbildung 4.7: Bauteil Transformatorkessel

In Abbildung 4.8 und Abbildung 4.9 werden die Fesselungen (Translationen und Rotationen) dargestellt. Es wurde nur die Unterkonstruktion des Transformatorkessels ausgegeben. In Abbildung 4.9 ist die Generierung der erforderlichen schiefen Randbedinguntен zu erkennen. Am unteren Rand wird an den Knoten, an denen nur Elemente in einer Ebene anschließen jeweils die Rotation um die Flächennormale gehalten (dies ist jedoch nicht allgemein möglich, da Tanslationen und Rotationen z.Zt. noch in einem Koordinatensystem zu beschreiben sind). Die Punktlagerungen werden in 4.8 dargestellt und markiert.

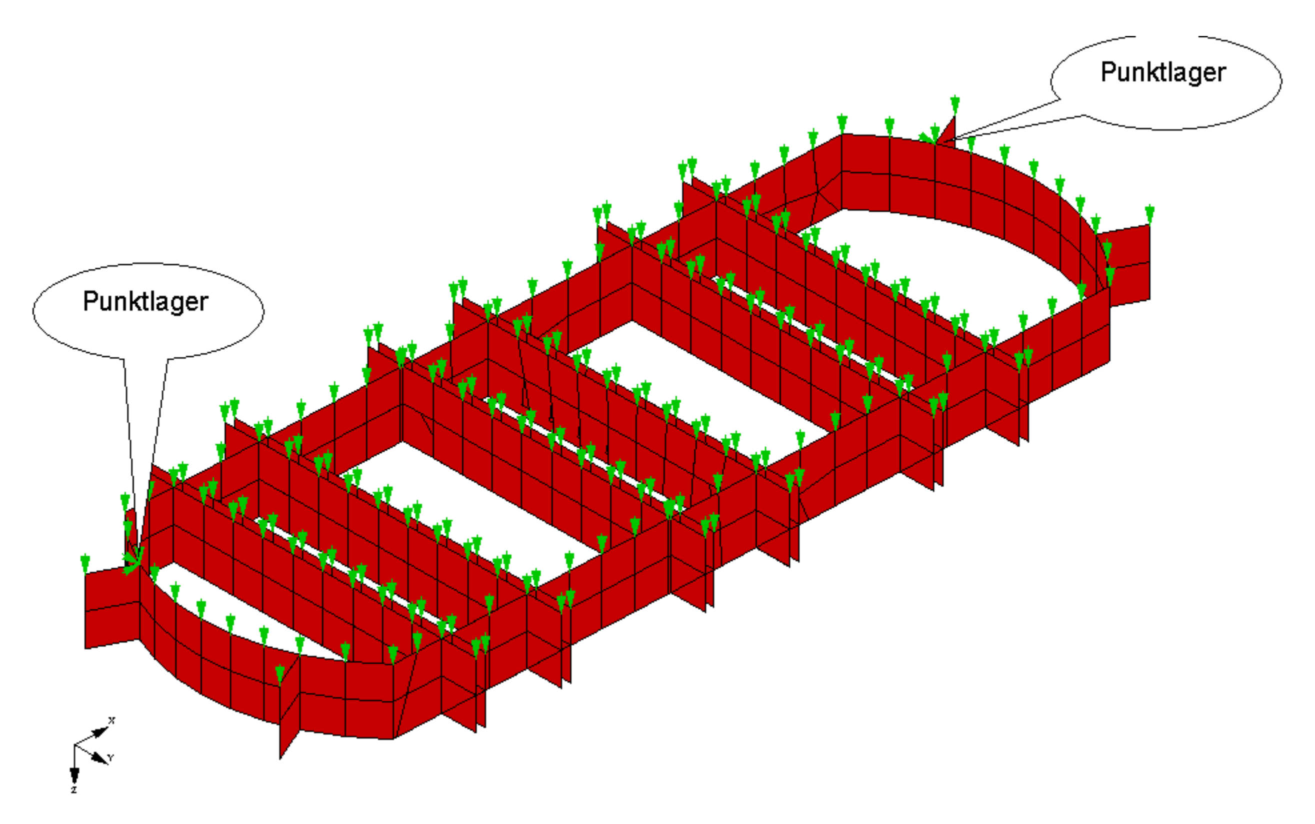


Abbildung 4.8: Unterkonstruktion - Darstellung der Translationsfesselungen (*Trafo1.ein*)

Die Steuerdatei zum Beispiel lautet wie folgt:

```
format 1

# Hinzufuegen des 1. Bauteils
add Trafo.ein 0 0

# Lagerung in Z
frgquadz  0  0. 0. -525.  10000.  10000.  10000.  10000.  5. 5.

# Punktlagerung 1
frgpkt  -3256.700 -680.857  -525.000  1.  0 0 0 1 1 1

# Punktlagerung 2
frgpkt   3256.700 -680.857  -525.000  1.  1 0 0 1 1 1
```

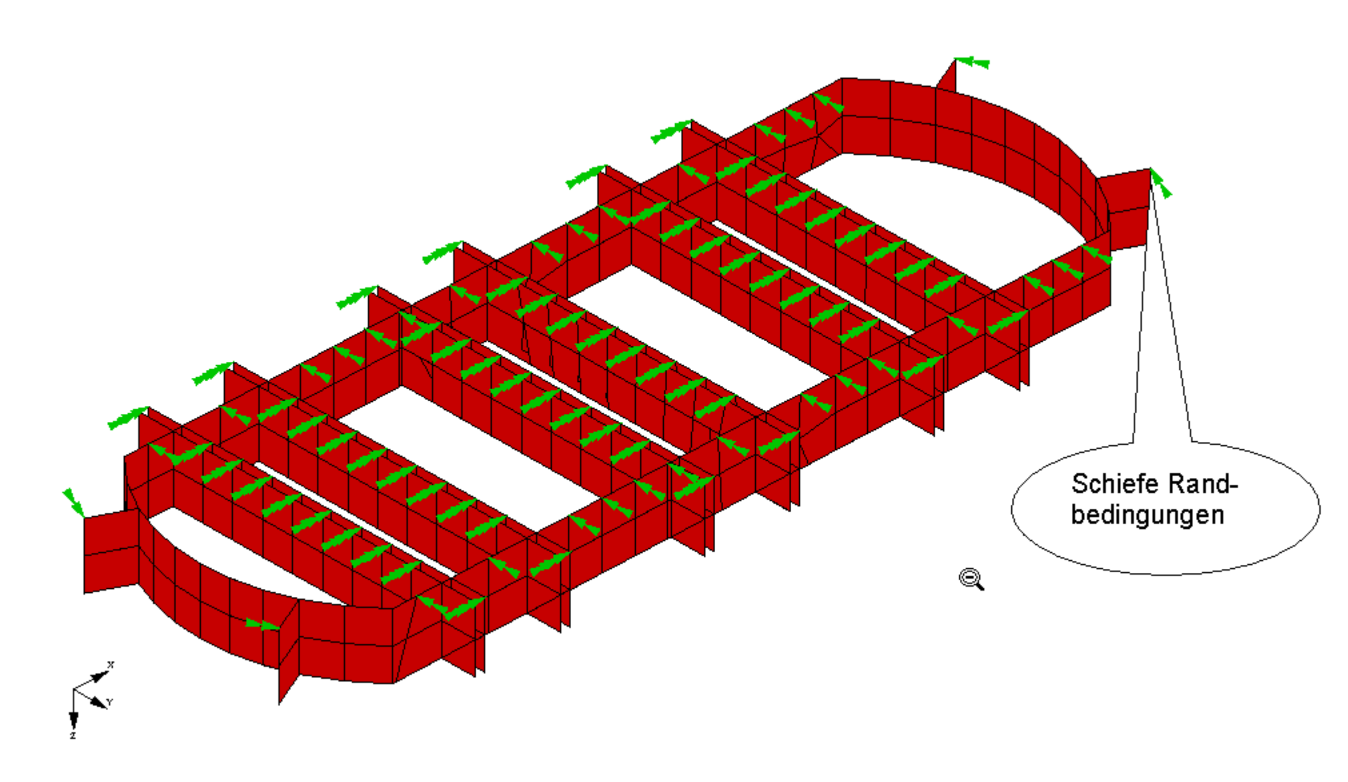


Abbildung 4.9: Unterkonstruktion - Darstellung der Rotationsfesselungen (*Trafo1.ein*)

```
# Dann verknuepfen der beiden Strukturen
connect 0.01 0.01

# Nur die Unterkonstruktion (Querschnittsgruppe 2) ausgeben
setqgp 0  2;

# Zwischendatei schreiben
write Trafo1.ein
```

Da die Eingabedatei des Transformatorkessels im Freiformat vorliegt, wurde auch die Generierung der Zieldatei *Trafo1.ein* durch das Kommando *Format 1* im freien Format erzeugt.

4.4 Freitragendes Tor

Das in Abbildung 4.12 dargestellte Tor wird zusammengesetzt aus einem Anfangsstück (siehe Abbildung 4.10) und 80 Mittelstücken (siehe Abbildung 4.11).

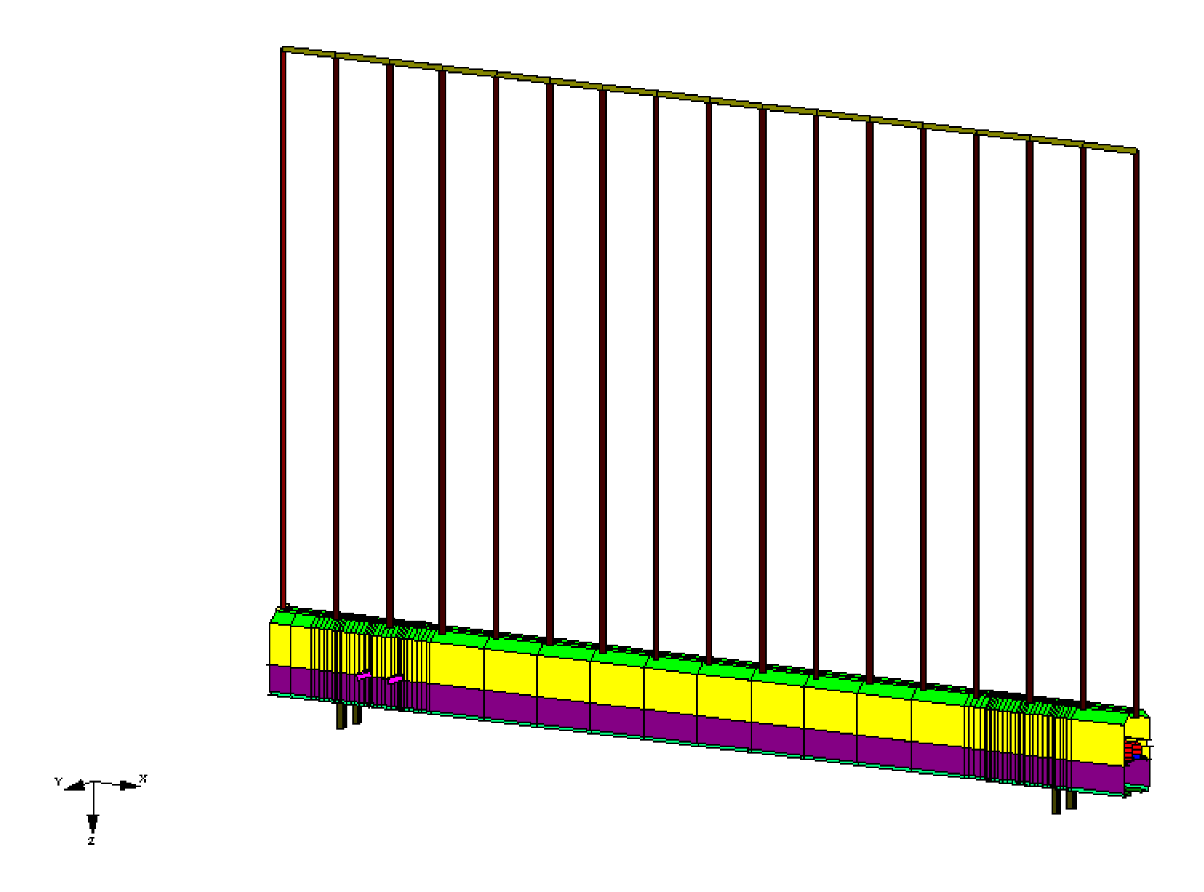


Abbildung 4.10: Anfangsstück des Tores (*q3.ste*, *q3-Anfang.ein*)

Aufgrund der großen Knotendifferenzen der Bauteile und der formatgebundenen Eingabedateien, ist es notwendig die Bauteildateien zunächst formatgebunden einzulesen (*format 0*) und dann komprimiert unformatiert (*format 1*) weg zu schreiben. Bevor eine neue Datei aufgebaut wird, ist die Datenbasis mit Reset neu zu initialisieren. Im letzten Schritt wird das Anfangsbauteil und das Mittenbauteil mit einem Wiederholungsfaktor von 80 geladen. Nach dem Verknüpfen der Bauteile (*connect*) wird die *B&B*-Datei geschrieben

Die Steuerdatei zum Beispiel lautet wie folgt:

```
# Erzeugen des Anfangbauteils
# ============================
# - formatiert einlesen
format 0
add q3-Anfang.ein 0 0

# - unformatiert, kompremiert schreiben
format 1
```

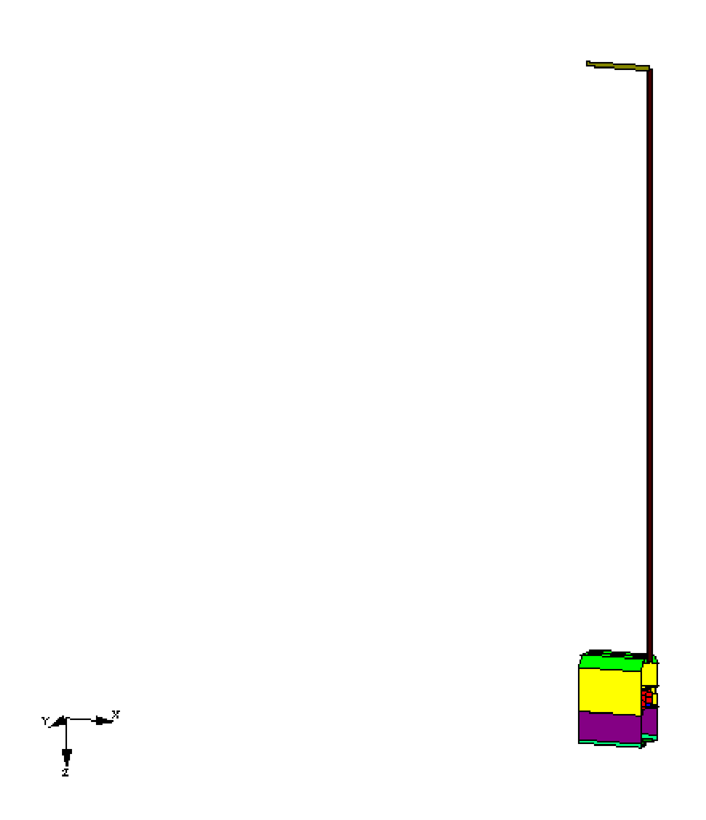


Abbildung 4.11: Mittelstück des Tores (*q3.ste*, *q3-Mitte.ein*)

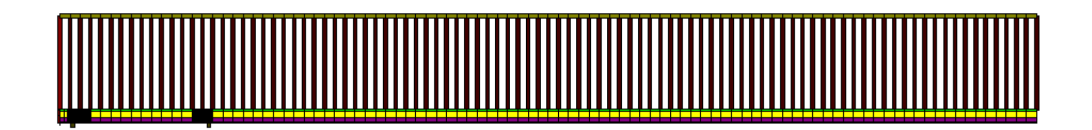


Abbildung 4.12: Resultat des Skripts (*q3.ste*)

```
compress
write q3-Anfang_f.ein

# Erzeugen des Mittenteils
# =======================
# - zunächst Reset
# - formatiert einlesen
Reset
format 0
add q3-Mitte.ein 0 0

# - unformatiert, kompremiert schreiben
format 1
compress
write q3-Mitte_f.ein

# Generierung des Tors
# ===================
# - zunächst Reset
reset
# - unformatiert (freies Format)
format 1

# - Einlesen des vorbereiteten Startbauteils
add q3-Anfang_f.ein 0 0

# - Einlesen und 80-maliges Kopieren des Mittenteils
# - Bemerkung:
#   K1, K2: siehe Handbuch
#   Bez.  : Bauteilbezeichnung (Text)
#   - ab hier optional -
#   Anz   : Anzahl der Wiederholungen
#   Trans.: Translationsvektor (wird jedesmal aufaddiert)
#
#   - Dateiname -- K1 K2 Bez.   Anz  - Trans. -  K3
add q3-Mitte_f.ein 0  0  Mitte1  80  144. 0. 0.  1

# Verknüpfen der Bauteile
connect 0.01 0.01

# Schreiben der B&B-Eingabedatei
write q3-tor.ein
```

4.5 3D-Davex-Profil

In nachfolgendem Beispiel wird das 3D-Faltwerk-Modell eines DAVEX *IS 100 200 K1 L1* Profils zur Stabilitätsuntersuchung generiert. Vorausgesetzt wird eine *B&B*-Beschreibung des Profilquerschnitts mit Stabelementen (Linienelementen). Diese *B&B*-Eingabedatei kann entweder mit dem Netzgenerator *FEMAP* oder direkt im *B&B*-Editor erzeugt werden.

Im *BUBBAUTL*-Steuerskript wird diese Datei eingelesen. Kopfdaten, d.h. die Projektbeschreibung und die Berechnungsart, werden über eine Include-Datei festgelegt. Der 2D-Querschnitt wird mit dem Kommando *SweepLn* in z-Richtung extrudiert. An den Trägerenden werden mit dem Befehl *FrgQuad* Auflager beschrieben. Die am Trägerende eingeleitete Normalkraft wird in Form von Knotenkräften mit dem Kommando *KLasQuad* eingeleitet.

Die generierten Modelldaten werden mit dem Kommando *Write* im *B&B*-Eingabeformat in der vorgegebenen Datei abgelegt.

Abbildung 4.13 zeigt die 2D-Geometrie des Querschnittsdaten mit *B&B*-Stabwerkelementen.

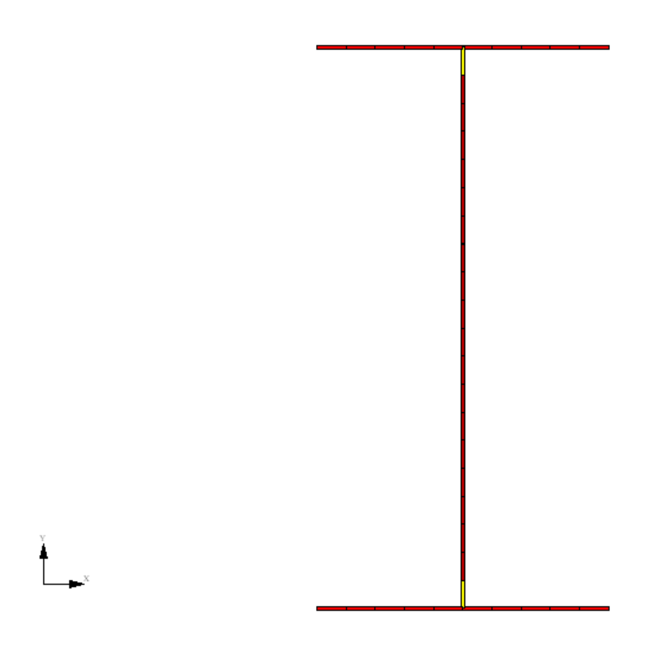


Abbildung 4.13: Querschnitt des T-Trägers

Nachfolgend werden auszugsweise einige Datenzeilen der Querschnittsbeschreibung *IS100200K1L1.ein* für Knoten- und Elementdaten dargestellt.

```
...
 23  0 0   1-50.0000+96.0000+0.00000
 23  0 0   2-40.0000+96.0000+0.00000
 23  0 0   3-30.0000+96.0000+0.00000
 23  0 0   4-20.0000+96.0000+0.00000
 23  0 0   5-10.0000+96.0000+0.00000
 23  0 0   6+0.00000+96.0000+0.00000
 23  0 0   7+0.00000+96.0000+0.00000
 23  0 0   8+10.0000+96.0000+0.00000
 23  0 0   9+20.0000+96.0000+0.00000
 23  0 0  10+30.0000+96.0000+0.00000
...
 37  101   1   1   2   0   0
 37  101   2   2   3   0   0
 37  101   3   3   4   0   0
 37  101   4   4   5   0   0
 37  101   5   5   6   0   0
 37  101   6   7   8   0   0
 37  101   7   8   9   0   0
 37  101   8   9  10   0   0
 37  101   9  10  11   0   0
 37  101  10  11  12   0   0
...
```

Die Steuerdatei zur Generierung eines 2-Meter-Trägers wird nachfolgend angegeben.

```
# Allgemeine Bemerkungen:
#
#  Die Kommandos der Steuerdatei zum Programm BUBBAUTL sind
#  in der Hilfedatei BUBBAUTL.PDF detailiert kommentiert.
#  BUBBAUTL.PDF wird im Verzeichnis BUBWIN\DOC abgelegt.

# Generierung eines IS100200K1L1 Trägers aus einem Stab-Profil
# Trägerlänge l = 2000 mm

# Einschalten des Freiformats (mehr als 9999 Elemente/Knoten)
format 1

# Ein Protokoll der Generierung wird in Datei BUBBAUTL.LOG geschrieben
trace  2

#-------------------------
# Includedateien festlegen
#-------------------------
```

```
# Kopfdaten übernehmen (Datenarten 1-22)
include 0 kopf.ein

# Lastfallkombination: Skalierung des Einheitslastfalls
#  Datenarten ab (incl.) 49
include 3 Kombinationen.ein

# Beschreibung des Profils mit Stabelementen
add IS100200K1L1.ein 0 0

# Materialgruppe der Querschnittsgruppe 3 auf 3 setzen
SetMatGQ 3 3;

# Erzeugen des Traegers
#       Elementtyp - Elementanzahl - Sweep-Vektor
#                                 (1-Richtung in Z: 2m)
# Auswahl aller Elemente
setelesel 0 1-;
# Das Profil wird mit Faltwerkselementen in Z-Richtung gezogen
sweepLn    215         125            0 0 2000

# Am Ende des Stabes (Z = Stablänge) werden die Knotenkräfte aufgebracht (Einheitslastfall)
# Last am Stabende (1-Last)
#             (l=2m)  +X    -X    +Y    -Y  +Z -Z  - Lastvektor ------- Ken Lf  F KSys
klasquad 0. 0. 2000. 1000. 1000. 1000. 1000. 1. 1. 0.0  0.0 -0.02173913  1   1  0  0

# Am Stabanfang (Z=0) werden alle Knoten eingespannt
# Freiheitsgrade am Stabanfang (z=0) setzen
#                    +X    -X     +Y    -Y   +Z  -Z    Freiheitsgrade
frgquad  0. 0. 0.   1000. 1000.  1000. 1000.  1. 1.     0 0 0  0 0 0

# etwas komplizierter, weil Verdrehfreiheitsgrade um 3-Richtung zu halten sind
# ----------------------------------------------------------------------------

# Freiheitsgrade am Stabende: Gurt (z=2000) setzen
# Bereich +X (Rotation um Y festsetzen Plattenelemente!!!
#             (l=2m)    +X    -X     +Y    -Y   +Z  -Z    Freiheitsgrade
frgquad  0. 0. 2000.   1000. -1.    1000. 1000.  1. 1.     0 0 1  1 0 1

# Freiheitsgrade am Stabende: Gurt (z=2000) setzen
# Bereich -X (Rotation um Y festsetzen Plattenelemente!!!
#                       +X    -X     +Y    -Y   +Z  -Z    Freiheitsgrade
frgquad  0. 0. 2000.   -1. 1000.    1000. 1000.  1. 1.     0 0 1  1 0 1

# Freiheitsgrade am Stabende: Steg (z=2000) setzen
# Bereich -X (Rotation um Y festsetzen Plattenelemente!!!
#                       +X    -X     +Y    -Y   +Z  -Z    Freiheitsgrade
frgquad  0. 0. 2000.   +1.   +1.    95.   95.  1.  1.      0 0 1  0 1 1
```

```
# verknuepfen aller Teilstrukturen
# (für SweepLn erforderlich)
connect

# Schreiben der Traeger-B&B-Datei
write IS100200K1L1-3d-2m.ein
```

Die in obigem beschriebene FE-Struktur des Trägers wird in Abbildung 4.14 dargestellt. Die gewählten Querschnittsgruppen der Bleche werden unterschiedlich eingefärbt.

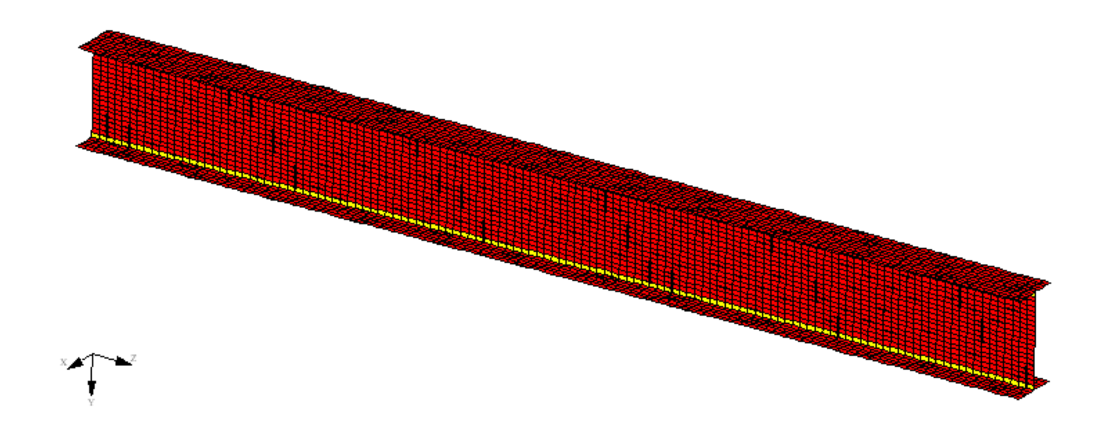


Abbildung 4.14: T-Träger, Querschnittsgruppen

Abbildung 4.15 zeigt die mit *FrgQuad* generierten Auflager. Im Bereich z = 0 (linkes Teilbild) wird der Träger eingespannt, im Endbereich (rechtes Teilbild) (z = 2000) wird der Träger nur in Querrichtung (x,y) gehalten.

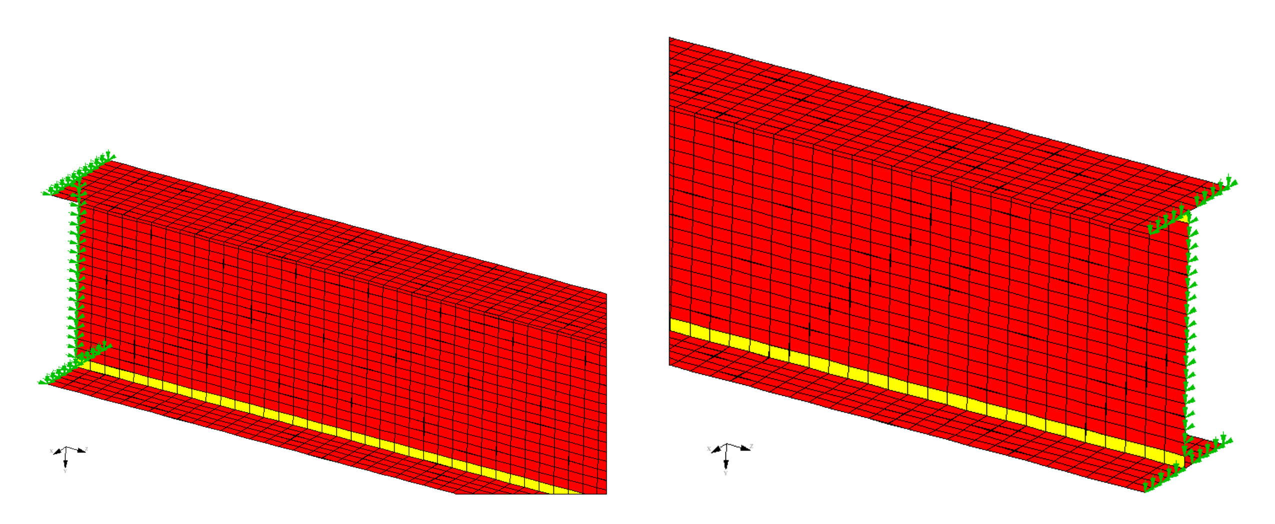


Abbildung 4.15: T-Träger, Auflager

Abbildung 4.16 zeigt die mit *KLasQuad* generierten Lasten im Bereich der Trägerendes (z = 2000). Um einen Eins-Lastfall zu generieren, ist die Lastordinate nach einem Testlauf durch die Summe der Z-Auflagerkräfte zu dividieren. Im Kombinationsdatensatz (Datenart 49 in der Include-Datei *Kombinationen.ein* wird die Eins-Last mit dem gewünschten Faktor auf die vorzugebende Größe skaliert.

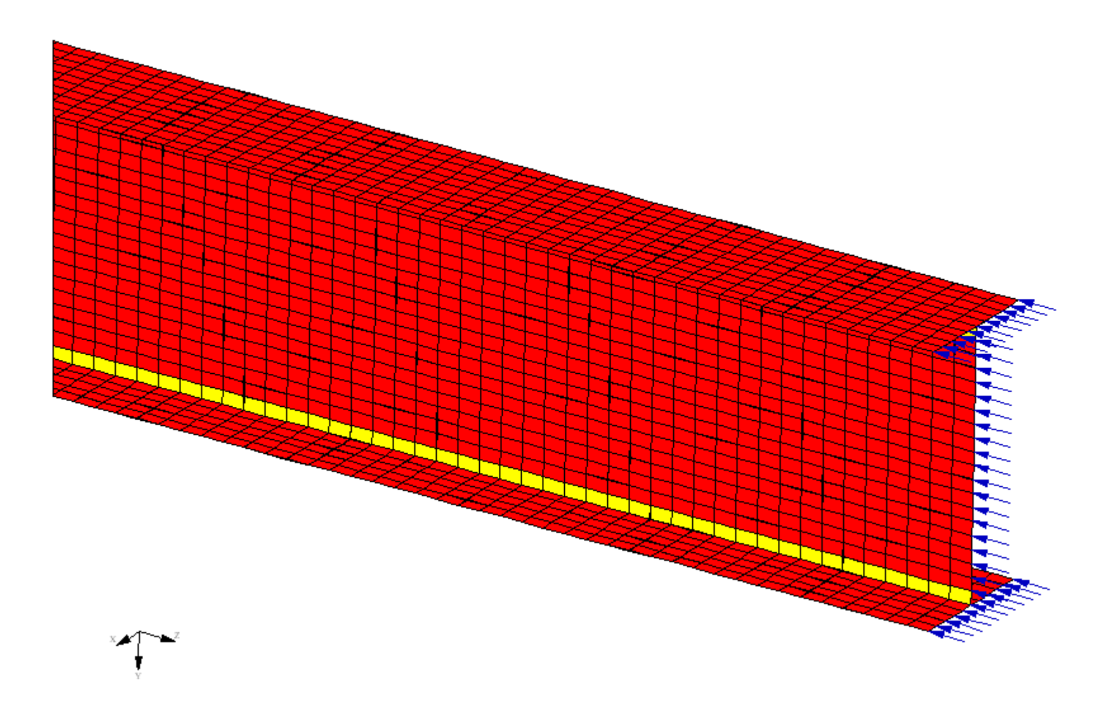


Abbildung 4.16: T-Träger, Lasten

Die Berechnungsart *Stabilität* wird in der Include-Datei *Kopf.ein* in der Datenart 14 festgelegt (siehe unten). Die ersten beiden Eigenformen der Berechnung zeigen die Abbildungen 4.17 und 4.18.

```
10 DAVEX-Profil: IS 100 200 K1 L1
11 3D-FE-Modell-Generierung (2D-Querschnitt)
12 30-04-04
13   9 0 1  s N mm
14 0  0     2   100     0.01   10  10
```

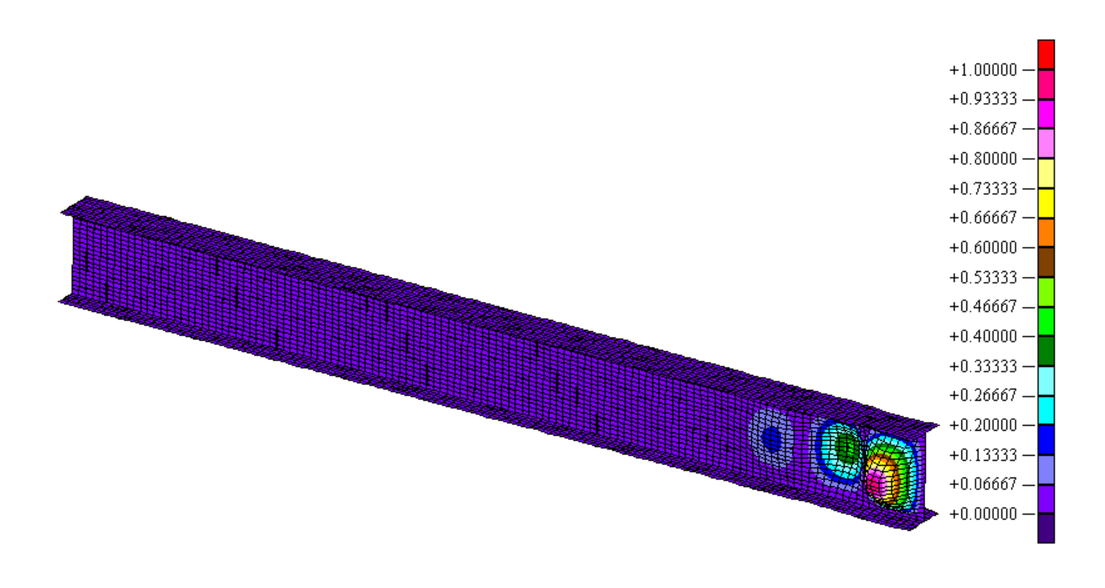




Abbildung 4.17: T-Träger, Eigenform 1 (100-fach überhöht), Eigenwert 91,3

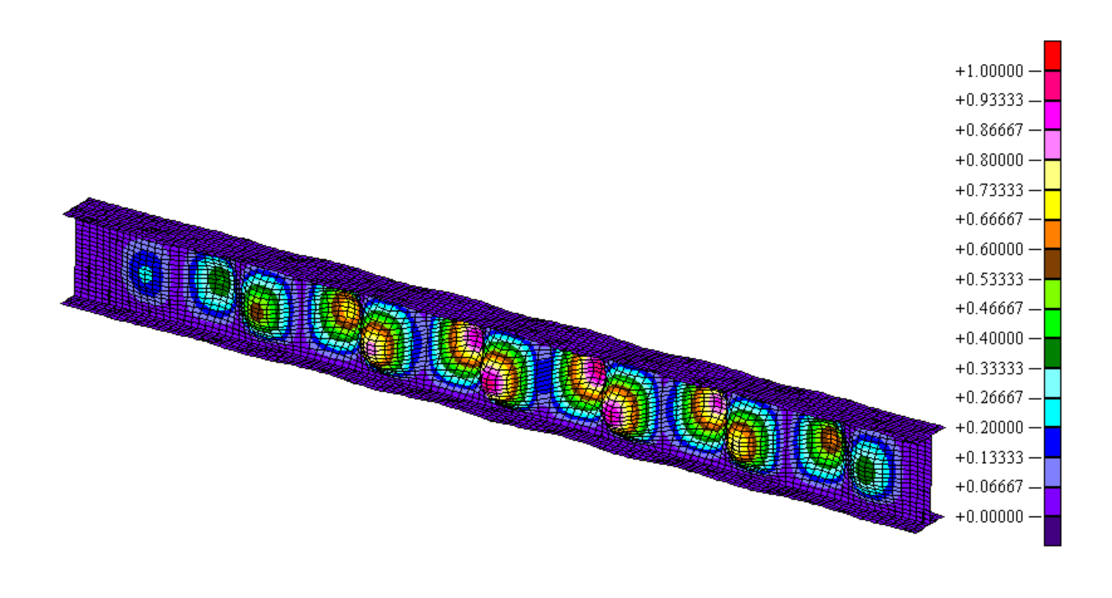




Abbildung 4.18: T-Träger, Eigenform 1 (100-fach überhöht), Eigenwert 105,1

4.6 Formfindung in einer Membran

Die Ausgangsstruktur der Membran (siehe Abbildung 4.19) wird unter der dargestellten Belastung berechnet.

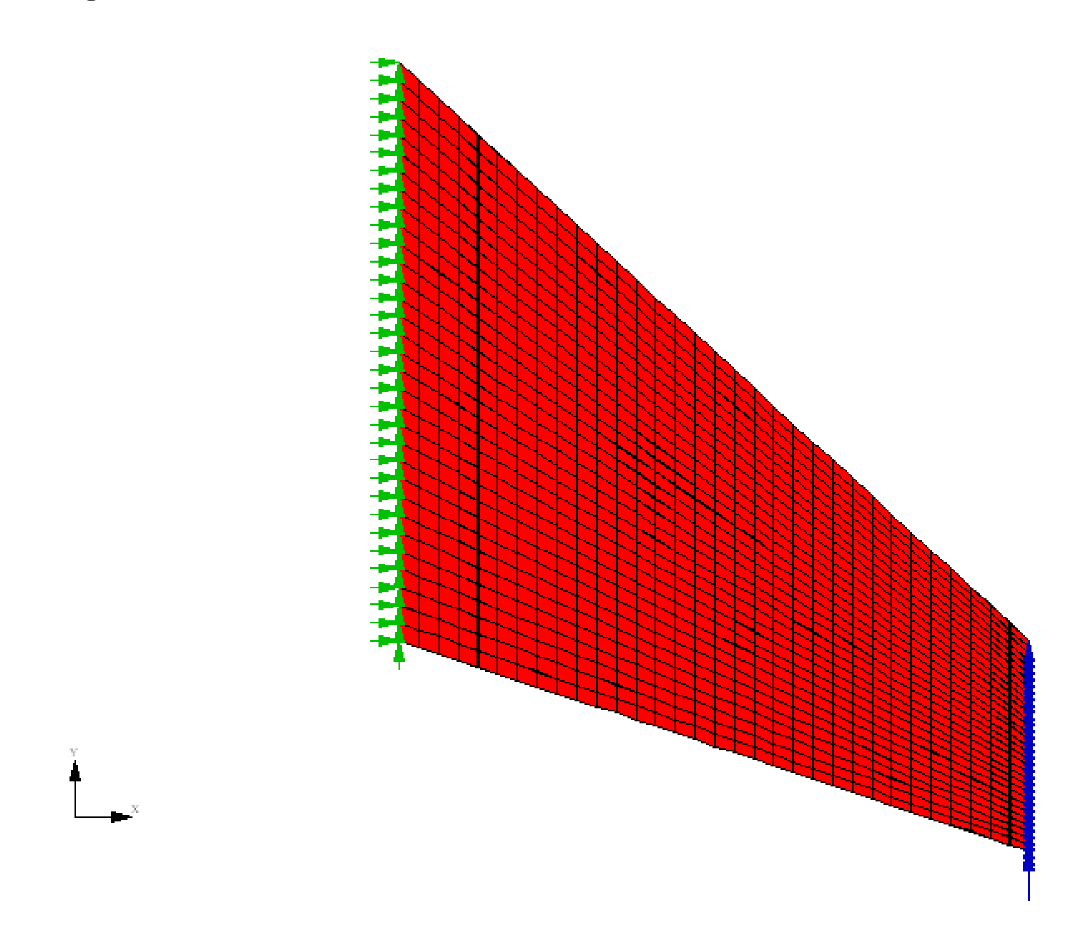


Abbildung 4.19: Ausgangsform der Membran mit Lagern und Lasten

Die Eingabedatei der Membran werden nachfolgend ausgegeben.

```
$$ff
 10 Seil / Membran Testbeispiel
 11
 12
 13   9 0 1  s kN cm

     Knotenkoordinaten
 23  0 0     1           0.0     0.0     0.0     0
 23  0 0    33          48.0   -44.0     0.0     0
 23  0 0  1057           0.0   -44.0     0.0     0
 23  0 0  1089          48.0   -60.0     0.0     0
 23  0 0     1           0.0     0.0     0.0  1089     33   1  1057   33

     Freiheitsgrade / Auflager
 24        1  0 0 0 0 0 0          0  0             1057 33

     Materialgruppen
 30 0 1      +1.00 +0.3300000 +0.0000000 +0.0000000 0. 0. 0. 0. 0. 0.

     Querschnittsgruppen
```

```
 31 0   1  +1.000000 +0.0000000 +0.0000000 +0.0000000 +0.00000 +0.00000 +0.00000

     Gruppenzuweisungen (7500 Elemente)
 36         0   1   1   0   0   0           0

     Elementeverknuepfungen (7500 Elemente)
 37 0  206    32    32    33     66    65
 37 0  206   993  1024  1025   1058  1057
 37 0  206     1     1     2     35    34 0 0 0 0               32   1   993  32

     Lastfall 1
     LfKe    Kn       Px       Py       Pz
 40  1 1    66 +0.00000 +0.03125000    +0.00000     0   1056  33
 40  1 1    33 +0.00000 +0.01562500    +0.00000
 40  1 1  1089 +0.00000 +0.01562500    +0.00000
```

Mit dem Befehl *Update_Str* werden die berechneten Verformungen unter der vorgegebenen Last auf die Strukturknotenkoordinaten aufaddiert. Die entsprechende Steuerdatei wird nachfolgend ausgegeben.

```
format 1

# Kopfdaten
include 0 kopf.ein

# Material- und Querschnittsgruppen
include 1 gruppen.ein

# Lasten
include 3 last.ein

# FE-Netz - Cook-Scheibe
add  cook_sch_32x32.ein 0 0 FE-Netz

# Lastfallauswahl
list_set_filter 2 6 1;

# Auszuwertende Dateien
list_set_file cook_sch_32x32.bbe cook_sch_32x32.ext

# Updaten der Struktur
update_str 0 1 0 1.0

# Schreiben der FE-Datei
write cook_sch_32x32_upged.ein
```

Die generierte FE-Datei *cook_sch_32x32_upged.ein* wird in Abbildung 4.20 visualisiert.

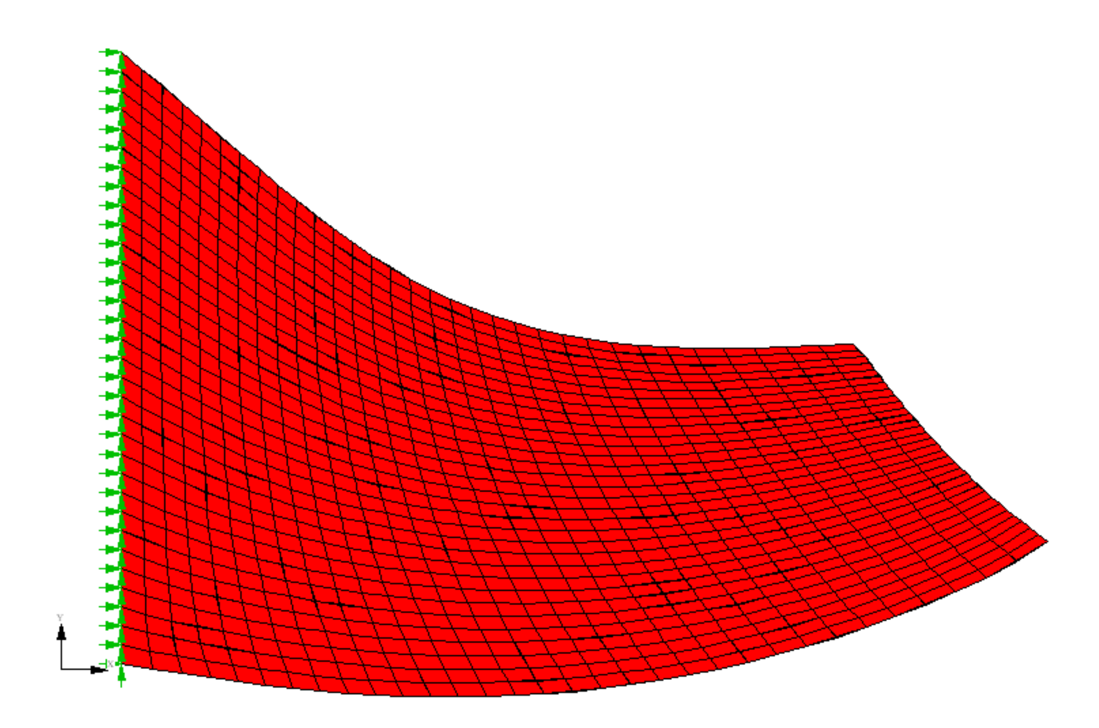


Abbildung 4.20: Endgültige Form der Membran unter Last

4.7 Schraubenkraftermittlung

In nachfolgendem Beispiel werden die Schraubenkräfte der Deckel-Board-Verschraubung eines Transformatorkessels ermittelt und tabellarisch ausgegeben. Jede Schraube wird durch drei Kopplungsfedern modelliert. Die Dichtdrähte werden mit Kopplungsfedern in Schraubenaxialrichtung modelliert.

4.7.1 Aufbringung der Schraubenvorspannung

Die vertikal wirkenden Kopplungsfedern sind mit dem Befehl *vspaquad* (siehe Abschnitt 2.15.21) vorzuspannen.

```
setelesel 1 113;
#          nKSys    mp-x     mp-y  mp-z      +x      -x      +y      -y     +z     -z  nLF  nKe    dZ1  dZ2
vspaquad       0    -628    806.0  -8.5   670.0   670.0   845.0   845.0   10.0   10.0   11    0  23500    0
```

4.7.2 Feder2Auflager

Nach erfolgter Berechnung werden die Federkraftergebnisdatensätze mit dem Kommando *federtoauf* auf die Auflagerergebnisdatensätze kopiert.

```
format 1
trace 3
fatalele 1

# FE-Netz - Kessel
add  ose_b_fedvo_021104.ein 0 0 FE-Netz

#                                  Initialisierung nMode nLs
federtoauf ose_b_fedvo_021104.bbe 1               2     3
```

4.7.3 Auswertung

Abschließend erfolgt die Auswertung mit dem Befehl *list_akraefte*.

Dafür sind zuerst die Bereiche der Deckelboard-Verschraubung mit dem Kommando *SetQuader* (zu definieren. Abbildung 4.21 zeigt die Vorgehensweise exemplarisch für das Quadergebiet 2. Die x-Achse ist auf die Schraubenachse zu legen. Die Ausdehnung in y-Richtung ist so zu wählen, dass beide Drahtreihen im Quadergebiet liegen. Die z-Achse ist so zu legen, dass nur die Knotenpunkte des Boardes ins Quadergebiet fallen. Mit dem letzten Argument des Kommandos *SetQuader* wird die Schraubenummer der ersten im

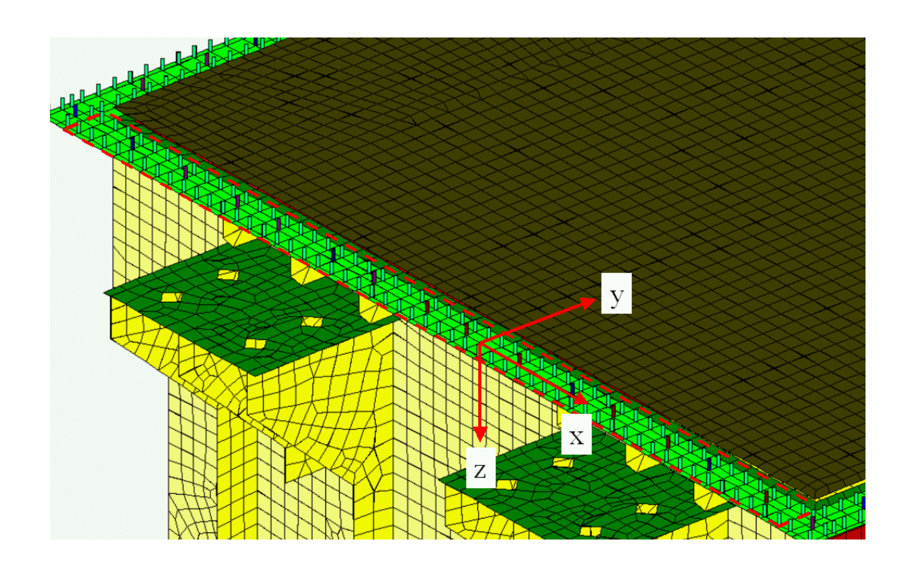


Abbildung 4.21: Deckel-Board-Verschraubung

Auswertebereich liegenden Schraube festgelegt. Die folgenden Schrauben werden aufsteigend durchnummeriert. Somit wird eine schraubennummernbezogene Ausgabe ermöglicht. Das Auswertemodul erfasst alle Auflagerergebnisdatensätze im definierten Quadergebiet. Für den Gleitsicherheitsnachweis werden die Normalkräfte der im Einzugsbereich der Schrauben liegenden Drähte aufsummiert. Für die Aufsummation werden die Ergebnisdatensätze nach ihren lokalen Koordinaten sortiert. So können die Drahtkräfte der entsprechenden Schraube zugeordnet werden. Anschließend werden die Ergebnisdatensätze entsprechend dem Sortierziel sortiert und tabellarisch ausgegeben. Die Auswertung erfolgt über alle aktiven Quadergebiete. Daher sind alle Quadergebiete, die keinen Bereich der Deckelboard-Verschraubung beschreiben, mit dem Befehl *ResetQuader* zu deaktivieren.

```
add ose_b_fedvo_021104.ein 0 0 FE-Netz

List_Set_Filter 1 5 1-;
List_Set_Filter 2 6 19;

#Bereich +y
setksys 1 -628.00 1641.00 00000.00  -618.00 1641.00 0.000  -628.0  1741.00 0.00
#Bereich -y
setksys 2 -628.00 -29.000 00000.00  -638.00 -29.000 0.000  -628.0  -19.000 0.00
#Bereich -x
setksys 3  -1288.0 806.100 00000.00  -1288.0 906.100 0.000  -1188.0 806.100 0.00
#Bereich +x
setksys 4    32.0 806.100 00000.00     32.0 706.100 0.000     42.0 806.100 0.00

SetQuader 1 1 1   -628.00    1641.00 0.00   630.00 630.00  23.00 14.00 2.00  2.00 23
SetQuader 2 1 2   -628.00    -29.000 0.00   630.00 630.00  14.00 23.00 2.00  2.00 59
SetQuader 3 1 3  -1288.00    806.100 0.00   865.50 858.50  14.00 23.00 2.00  2.00  1
SetQuader 4 1 4     32.00    806.100 0.00   865.50 858.50  23.00 14.00 2.00  2.00 37

list_akraefte ose_b_fedvo_021104.bbe skr_021104_b1_19.tex skr_021104_b1_19.lst 8 0 5000 0x004f 2 3 11 2
```

Mit dem Kommando *list_akraefte* werden die Auflagerkräfte sortiert in Tabellenform ausgegeben.

Parameter	Typ	Beschreibung
sBBE	s	Name der BBE-Ergebnisdatei
sTeX	s	Dateiname für TeX-Ausgabe
sLst	s	Dateiname für Listenausgabe
SortMode	I	Sortierziel
		[0] Sortierung F-X Auflagerkräfte
		[1] Sortierung F-Y Auflagerkräfte
		[2] Sortierung F-Z Auflagerkräfte
		[3] Sortierung R-X Auflagermoment
		[4] Sortierung R-Y Auflagermoment
		[5] Sortierung R-Z Auflagermoment
		[6] Sortierung F-(XY) Auflagerquerkraft
		[7] Sortierung nach Axialkraftspiel in Z-Richtung
		[8] Sortierung nach Schraubennummer
*SortMode*2	I	erweitertes Sortierziel
		[0] absolutes Maximum
		[1] absolutes Minimum
		[2] betragsmaessiges Maximum (noch nicht implementiert)
nListX	I	maximale Anzahl auszugebender Datensätze
nKen	H	Spaltenausgabekenner
		0x0001 = 2^0 (F-X)
		0x0003 = 2^0 (F-X) + 2^1 (F-Y)
		0x0007 = 2^0 (F-X) + 2^1 (F-Y) + 2^2 (F-Z)
		0x000f = 2^0 (F-X) + 2^1 (F-Y) + 2^2 (F-Z) + 2^3 (R-X)
		0x001f = 2^0 (R-Y)
		0x003f = 2^0 (R-Y) + 2^1 (R-Z)
		0x004f = 2^2 fuer (F-(XY))
BerTyp	I	Auswertung linear/nichtlinear
		[0] linear
		[2] physikalisch nicht linear
Ls	I	Laststufe (=0 für lineare Berechnung)

Tabelle 4.2: ***List_AKraefte***

Parameter	Typ	Beschreibung
LfV	I	Lastfallnummer für Lastfall Vorspannung
$nMode$	I	Ausgabe für F-Z
		[0] Ausgabe der Axialkraft in Z-Richtung für F-Z
		(abzüglich der Vorspannkraft)
		[1] Ausgabe des Lastspiels in Z-Richtung für F-Z
		[2] Ausgabe von F-Z

Tabelle 4.2: ***List_AKraefte* – Fortsetzung**

4.8 Ermittlung von Schraubenkräften

- Erstellen der Eingabedatei **.ein*
- Berechnung und Erstellung der Ergebnisdatei **.bbe*
- Schreiben der Federkräfte auf die Auflagerergebnisdatensätze
  mit dem Befehl *FederToAuf*
- Skalierung der Temperaturabkühlung
  mit dem Befehl *Schr_SkalVorspa*
- Berechnung und Erstellung der neuen Ergebnisdatei **.bbe*
- Erneutes Schreiben der Federkräfte auf die Auflagerergebnisdatensätze
  mit dem Befehl *FederToAuf*
- Auswertung mit dem Befehl $List_AKraefte$

4.8.1 Schr_SkalVorspa

Mit dem Kommando $Schr_SkalVorspa$ wird der Betrag der Temperaturänderung in der Schwerachse TS der Elementtemperaturdatensätze des Lastfalls LfV so skaliert, das in den Elementen ein einheitliche Vorspannkraft erzielt wird.

Parameter	Typ	Beschreibung
$sBBE$	s	Name der BBE-Ergebnisdatei
LfV	I	Lastfall Vorspannung
$VorSpaZ$	R	Vorspannkraftziel

Tabelle 4.3: Befehl $schr_skalvorspa$

```
Trace 3

# Lastfall Betrieb OSE Triebzug
# ------------------------------------
# Skalierung der Vorspannung

# Kopfdaten
include 0 kopf_b.ein

# Material- und Querschnittsgruppen
```

```
include 1 gruppen_b_080904.ein

# Lasten
include 2 dlasten.ein

# Kombinationen
include 3 kombinationen_080904_b.ein

# FE-Netz - Kessel
add  ose_b_080904.ein 0 0 FE-Netz

schr_skalvorspa ose_b_080904.bbe 11 65144.06

# Schreiben
write ose_b_090904.ein
```

4.8.2 Auswertung

```
format 1
trace 4
fatalele 1

add  ose_b_090904.ein 0 0 FE-Netz

List_Set_Filter 1 5 1-;
List_Set_Filter 2 6 19-26;

#Bereich +y
setksys 1   -628.0 1641.00 0.00  -618.00 1641.00 0.00  -628.00 1741.00 0.00
#Bereich -y
setksys 2   -628.0  -29.00 0.00  -618.00  -29.00 0.00  -628.00  -19.00 0.00
#Bereich -x
setksys 3  -1288.0  806.10 0.00 -1288.00  906.10 0.00 -1188.00  806.10 0.00
#Bereich +x
setksys 4     32.0  806.10 0.00    32.00  906.10 0.00    42.00  806.10 0.00

setquad -628.00 1641.00 00000.00 630.00 630.00 23.00 14.00 2.00 2.00 1
        -628.00 -29.000 00000.00 630.00 630.00 14.00 23.00 2.00 2.00 2
       -1288.00 806.100 00000.00 865.50 858.50 14.00 23.00 2.00 2.00 3
          32.00 806.100 00000.00 865.50 858.50 23.00 14.00 2.00 2.00 4

list_akraefte ose_b_090904.bbe skr_090904_b1.tex skr_090904_b1.lst 6 0
5000 0x004f 0 0 11 1
```

4.8.2.1 SetQuader

Mit dem Kommando *SetQuader* werden die Bereiche, die mit dem Kommando *List_AKraefte* ausgewertet werden, definiert (siehe Abschnitt 2.6.6).

Zur Auswertung mit *List_AKraefte*, einer speziellen Auswertefunktion für die Kesseldeckelverschraubung von Transformatorkesseln sind die Quadergebiete 1-4 vorzugebenb. Diese entsprechen den Knotengebieten der Boardknoten der vier Kesselseiten. Zur Zeit wird eine exakte Rechteckgeometrie vorausgesetzt.

Zusätzlich zur sortierten Ausgabe der Schraubenkräfte kann optional der Anteil der Schraubenvorspannung, der in einem anderen Lastfall vorliegen muß, von den berechneten Schraubenkräften subtrahiert werden.

4.8.2.2 List_AKraefte

Mit dem Kommando *list_akraefte* werden die Auflagerkräfte sortiert in Tabellenform ausgegeben. Zuvor sind die Quadergebiete mit dem Befehl *setquad* zu definieren.

Parameter	Typ	Beschreibung
sBBE	s	Name der BBE-Ergebnisdatei
sTeX	s	Dateiname für TeX-Ausgabe
sLst	s	Dateiname für Listenausgabe
SortMode	I	Sortierziel
		[0] Sortierung F-X Auflagerkräfte
		[1] Sortierung F-Y Auflagerkräfte
		[2] Sortierung F-Z Auflagerkräfte
		[3] Sortierung R-X Auflagermoment
		[4] Sortierung R-Y Auflagermoment
		[5] Sortierung R-Z Auflagermoment
		[6] Sortierung F-(XY) Auflagerquerkraft
		[7] Sortierung nach Axialkraftspiel in Z-Richtung
SortMode2	I	erweitertes Sortierziel
		[0] absolutes Maximum
		[1] absolutes Minimum
		[2] betragsmaessiges Maximum (noch nicht implementiert)
nListX	I	maximale Anzahl auszugebender Datensätze

Tabelle 4.4: ***List_AKraefte***

Parameter	Typ	Beschreibung
nKen	H	Spaltenausgabekenner
		0x0001 = 2^0 (F-X)
		0x0003 = 2^0 (F-X) + 2^1 (F-Y)
		0x0007 = 2^0 (F-X) + 2^1 (F-Y) + 2^2 (F-Z)
		0x000f = 2^0 (F-X) + 2^1 (F-Y) + 2^2 (F-Z) + 2^3 (R-X)
		0x001f = 2^0 (R-Y)
		0x003f = 2^0 (R-Y) + 2^1 (R-Z)
		0x004f = 2^2 fuer (F-(XY))
BerTyp	I	Auswertung linear/nichtlinear
		[0] linear
		[2] physikalisch nicht linear
Ls	I	Laststufe (=0 für lineare Berechnung)
LfV	I	Lastfallnummer für Lastfall Vorspannung
nMode	I	Ausgabe für F-Z
		[0] Ausgabe der Axialkraft in Z-Richtung für F-Z
		(abzüglich der Vorspannkraft)
		[1] Ausgabe des Lastspiels in Z-Richtung für F-Z
		[2] Ausgabe von F-Z

Tabelle 4.4: ***List_AKraefte* – Fortsetzung**

4.9 Modellierung eines eingeschossigen Hauses

Zur Untersuchung des Einflusses der Bettung und der Deckenanbindung eines eingeschossigen Hauses mit Teilunterkellerung wird in diesem Beispiel das Berechungsmodell mit einem *LUA*-Skript beschrieben. Teilmodellierungen werden der Klarheit halber in Funktionen beschrieben.

```
# Projekt.....: Generierung eines eingeschossigen Hauses (Kiste ohne Dach)
# Datum.......: 09-01-08
trace 2

# Gruppen nicht inkrementieren
grpflag 0 0 0 0

# Generierung der Daten unter LUA-Script
lua>


-- >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Anfang Funktionen >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

-- >>> Funktion zur Festlegung der Projektdaten

function SetProjDef (Text1,Text2,Text3,DimKra,DimLng)

    r,s = btlcmd("SetPrjTxt",0,Text1)
    r,s = btlcmd("SetPrjTxt",1,Text2)
    r,s = btlcmd("SetPrjTxt",2,Text3)
    r,s = btlcmd("SetNDA",13,9,0,1,"s",DimKra,DimLng,1,1,1,1,1,1,1,1)

    if nNoL == 1 then
        r,s = btlcmd("SetNDA",15,0,0,EpsV,EpsK,200,1)
        r,s = btlcmd("SetNDA",16,5,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1) -- Mit  Dehydrierung
--      r,s = btlcmd("SetNDA",16,6,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1,0.1) -- Ohne Dehydrierung
    end

    return 1
end

-- >>> Funktion zur Festlegung der Material- und Querschnittswerte

function SetGruppen ()

    U = 1.e8        -- monolitischer Verbund
    XB= 1.e8        -- Abminderung bei Bettungsausfall
    XK= 1.e8        -- Abminderung bei Federausfall

    --  Materialgesetz
```

```
--  o 1: Z-Koppelfedern der Wand-Deckenplatte
r,s = btlcmd("SetNDA",18,1, 1, FEDDZ , VZug,FEDDZ/XK) -- Zugbereich  : "Ausfall"
r,s = btlcmd("SetNDA",18,2, 1, FEDDZ)                 -- Druckbereich: "voll"

--  o 2: Längs-Koppelfedern der Wand-Deckenplatte (Längs-Schub)
r,s = btlcmd("SetNDA",18,1, 2, FEDLG, VLng,FEDLG/XK)  -- Zugbereich  : "Ausfall"
r,s = btlcmd("SetNDA",18,2, 2, FEDLG,-VLng,FEDLG/XK)  -- Druckbereich: "Ausfall"

--  o 3: Quer-Koppelfedern der Wand-Deckenplatte (Quer-Schub)
r,s = btlcmd("SetNDA",18,1, 3, FEDDQ, VQue,FEDDQ/XK)  -- Zugbereich  : "Ausfall"
r,s = btlcmd("SetNDA",18,2, 3, FEDDQ,-VQue,FEDDQ/XK)  -- Druckbereich: "Ausfall"

--  o 4: Lagerfedern Erdgeschoss in Z-Richtung für Bodenplatte
r,s = btlcmd("SetNDA",18,1, 4, FEDEZ/XB)    -- Zugbereich  : "keine" Steifigkeit
r,s = btlcmd("SetNDA",18,2, 4, FEDEZ)       -- Druckbereich: "volle" Steifigkeit

--  o 5: Lagerfedern Erdgeschoss in Quer-Richtung (eigentlich Reibung!!)
r,s = btlcmd("SetNDA",18,1, 5, FEDEQ)       -- Zugbereich  : "volle" Steifigkeit
r,s = btlcmd("SetNDA",18,2, 5, FEDEQ)       -- Druckbereich: "volle" Steifigkeit

--  o 6: Lagerfedern Keller in Z-Richtung für Bodenplatte
r,s = btlcmd("SetNDA",18,1, 6, FEDKZ/XB)    -- Zugbereich  : "keine" Steifigkeit
r,s = btlcmd("SetNDA",18,2, 6, FEDKZ)       -- Druckbereich: "volle" Steifigkeit

--  o 7: Lagerfedern Keller in Quer-Richtung (eigentlich Reibung!!)
r,s = btlcmd("SetNDA",18,1, 7, FEDKQ)       -- Zugbereich  : "volle" Steifigkeit
r,s = btlcmd("SetNDA",18,2, 7, FEDKQ)       -- Druckbereich: "volle" Steifigkeit

-- Materialwerte
--                      MG Nr E-Mod Nue Wichte Temp
r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0, 1, EKS, NKS, GKS)        -- Seitenwände
r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0, 2, EBT, NBT, GBT, 1.e-5) -- Deckenplatten (ohne Bettung)
r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0, 3, EBT, NBT, GBT)        -- Bodenplatte   (Erdgeschoss)
r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0, 4, EBT, NBT, GBT)        -- Bodenplatte   (Keller)
r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0, 5, EKS, NKS, GKS)        -- Querwände (aussen)
r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0, 6, EKS, NKS, GKS)        -- Querwände (innen)
r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0, 7, EBT, NBT, GBT)        -- Kellerwände

-- für starre Kopplung kein Materialgesetz nötig
if DFix == 1 then
    r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0,20, U, 0., 0.)      -- Koppelfedern in Z-Richtung
    r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0,21, U, 0., 0.)      -- Koppelfedern in Längsrichtung
    r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0,22, U, 0., 0.)      -- Koppelfedern in Querrichtung

-- für ausfallende Kopplung werden die maximalen Dehnungen berücksichtigt
else
    r,s = btlcmd("SetNDA",30, 1,20, FEDDZ, 0., 0.)  -- Koppelfedern in Z-Richtung
    r,s = btlcmd("SetNDA",30, 2,21, FEDLG, 0., 0.)  -- Koppelfedern in Längsrichtung
    r,s = btlcmd("SetNDA",30, 3,22, FEDDQ, 0., 0.)  -- Koppelfedern in Querrichtung
```

```
    end

    -- Starre Lagerung
    if BFix == 1 then
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0,12, U,     0., 0.)  -- Lagerfedern Erdgeschoss in Z-Richtung
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0,13, U,     0., 0.)  -- Lagerfedern Erdgeschoss in Querrichtung
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0,14, U,     0., 0.)  -- Lagerfedern Keller in Z-Richtung
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 0,15, U,     0., 0.)  -- Lagerfedern Keller in Querrichtung
    else
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 4,12, FEDKZ, 0., 0.)  -- Lagerfedern Erdgeschoss in Z-Richtung
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 5,13, FEDKQ, 0., 0.)  -- Lagerfedern Erdgeschoss in Querrichtung
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 6,14, FEDEZ, 0., 0.)  -- Lagerfedern Keller in Z-Richtung
        r,s = btlcmd("SetNDA",30, 7,15, FEDEQ, 0., 0.)  -- Lagerfedern Keller in Querrichtung
    end

    -- Querschnittswerte
    --                       Typ Nr  Dicke
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  1,   dDSW)            -- Seitenwand vorne
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  2,   dDSW)            -- Seitenwand hinten
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  3,   dDDP)            -- Deckenplatte
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  4,   dDFP)            -- Bodenplatte (Erdgeschoss)
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  5,   dDSW)            -- Äussere Querwände
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  6,   dDIW)            -- Innenwände
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  7,   dDKP)            -- Bodenplatte (Keller)
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0,  8,   dDKW)            -- Kellerwände

    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0, 10,    1.0)            -- Koppelfedern  in Z
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0, 11,    1.0)            -- Koppelfedern  in Quer X
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0, 12,    1.0)            -- Koppelfedern  in Quer Y

    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0, 20,    1.0)            -- Lagerfedern   in Z auf Fläche
    r,s = btlcmd("SetNDA",31, 0, 23,    1.0)            -- Lagerfedern   in Q auf Fläche

end

-- >>> Funktion zur Generierung der Wände
--  dX0: X-Position
--  dY0: Y-Position
--  dZ0: Z-Position
--  dX : Feldlänge in Längsrichtung
--  dY : Feldlänge in Querrichtung
--  KS : Koordinatensystem
--       (1): Längswand X,Z
--       (2): Decke     X,Y
--       (3): Querwand  Y,Z

function GenWand (dX0,dY0,dZ0,dX,dY,KS,nMG,nQG)
    r = trace(string.format("HS>>>>> GenWand: x:%.2f, y:%.2f, z:%.2f\n",dX0,dY0,dZ0))
```

```
    -- Koordinatensystem festlegen (s.o.)
    -- (x-z)
    if     KS == 1 then
        r,s = btlcmd("SetKSys",1,    dX0,dY0,dZ0,  dX0+1.,dY0,dZ0, dX0,dY0, dZ0+1)
    -- (x-y)
    elseif KS == 2 then
        r,s = btlcmd("SetKSys",1,    dX0,dY0,dZ0,  dX0+1.,dY0,dZ0, dX0,dY0+1, dZ0)
    -- (y-z)
    else
        r,s = btlcmd("SetKSys",1,    dX0,dY0,dZ0,  dX0,dY0+1.,dZ0, dX0,dY0, dZ0+1.)
    end

    -- o Elemente und Knoten
    --                      KS P1      P2     P3    P4     MG  QG  Inc  ETyp Elementlng.
    r,s = btlcmd("Gen4MFla2",1,0.0,0.0,dX,0.0,dX,dY,0.0,dY,nMG,nQG, 1,1,215, ELng, ELng )

    return 1
end



-- >>> Funktion zur Generierung aller Wände und Platten
-- o Generierung der Knoten und Elemente der Wände und Platten
-- o Verknüpfung der Einzelkomponenten (Berücksichtigung der Federkopplungen)

function GenWaende ()
    r = trace(string.format("HS>>> GenWaende\n"))

    -- >> Generierung der Geometrie
    -- >> o Obergeschoss generieren
    dXt = 0.
    for i=1,4,1 do
        -- vordere Längswand
        r = GenWand (dXt, 0.,         0.,dXM[i],dZM[2],1,1,1)

        -- hintere Längswand
        r = GenWand (dXt,dYM,         0.,dXM[i],dZM[2],1,1,2)

        -- obere Deckenplatte
        r = GenWand (dXt, 0.,dZM[2]+SEps,dXM[i],dYM   ,2,2,3)

        -- untere Deckenplatte
        if i == 3 then
            r = GenWand (dXt, 0.,         0.,dXM[i],dYM   ,2,2,4)
        else
            r = GenWand (dXt, 0.,         0.,dXM[i],dYM   ,2,3,4)
        end

        -- Querwand (innen)
        if i > 1 then
```

```
            r = GenWand (dXt, 0.,          0.,dYM,   dZM[2],3,6,6)
        end

        dXt = dXt +dXM[i]

    end

    -- Querwand
    r = GenWand ( 0., 0.,     0.,dYM,   dZM[2],3,5,5)
    r = GenWand (dXt, 0.,     0.,dYM,   dZM[2],3,5,5)

    -- >> o Kellergeschoss generieren
    dXt = dXM[1]+dXM[2]
    dZt = -dZM[1]
    i   = 3

    -- vordere Längswand
    r = GenWand (dXt, 0.,   dZt,dXM[i],dZM[1],1,7,8)

    -- hintere Längswand
    r = GenWand (dXt,dYM,   dZt,dXM[i],dZM[1],1,7,8)

    -- Bodenplatte
    r = GenWand (dXt, 0.,   dZt,dXM[i],dYM   ,2,4,7)

    -- Querwand
    r = GenWand (dXt, 0.,   dZt,dYM,   dZM[1],3,7,8)
    dXt = dXt +dXM[i]
    r = GenWand (dXt, 0.,   dZt,dYM,   dZM[1],3,7,8)

end


-- >>> Funktion zur Lagerung der Bodenplatte
--
--  Es werden Federn unter der Platte in 3 Richtungen generiert.
--  Die vertikale Feder ist nur auf Druck wirksam
--
--  Anmerkung: zunächst werden alle Knoten gleich behandelt.
--             Der Einfluss der Ränder wird vernachlässigt.

function GenLager ()
    r = trace(string.format("HS>>> GenLager\n"))

    eps  = 0.5

    dXL = dXM[1]+dXM[2]
    dYL = dYM
    dX0 = 0.
```

```
    -- >> Lagerfedern im Feld
    -- 3 Felder in Erdgeschoss
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,0.0,dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps,0.,0.,-FLng,12,20)
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,0.0,dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps, FLng,0.,0.,13,23)
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,0.0,dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps,0., FLng,0.,13,23)

    -- 1 Feld im Keller
    dX0 = dX0 +dXL
    dXL = dXM[3]
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,-dZM[1],dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps,0.,0.,-FLng,14,20)
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,-dZM[1],dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps, FLng,0.,0.,15,23)
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,-dZM[1],dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps,0., FLng,0.,15,23)

    -- 1 Feld im Erdgeschoss
    dX0 = dX0 +dXL
    dXL = dXM[4]
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,0.0,dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps,0.,0.,-FLng,12,20)
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,0.0,dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps, FLng,0.,0.,13,23)
    r,s = btlcmd("FedQuad",dX0,0.0,0.0,dXL+eps,eps,dYL+eps,eps,eps,eps,0., FLng,0.,13,23)

end


-- >>> Funktion zur Kopplung der Deckenplatte mit der Wandoberkante
--
--  Es werden Federn unter der Platte in 3 Richtungen generiert.
--  Die vertikale Feder ist nur auf Druck wirksam

function GenKopplung ()
    r = trace(string.format("HS>>> GenKopplung\n"))

    Eps = 0.1
    dY0 = 0
    dDX = dXM[1]+dXM[2]+dXM[3]+dXM[4]

    -- (1) Vertikalfedern
    --                      KS Ursprung         Delta X       Delta Y       DeltaZ
    --                     Typ Qa Qe  Mg Qg DelZ
    r,s = btlcmd("kopequad", 0, 0., 0., dZM[2],  dDX+Eps, Eps, dYM+Eps, Eps, Eps, Eps,
                    2, 0, 3, 20,10,SEps,Eps,Eps,Eps,0,0.,0.,FLng)

    -- (2) Längs- und Querfedern
    -- (a) Längswände
    dY0 = 0
    for i=1,2,1 do
--      r,s = btlcmd("kopequad", 0, 0., dY0, dZM[2],  dDX+Eps, Eps, Eps, Eps, Eps, Eps,
--                        2, 0, 3, 21,11,SEps,Eps,Eps,Eps,0,FLng,0.,0.)
--      r,s = btlcmd("kopequad", 0, 0., dY0, dZM[2],  dDX+Eps, Eps, Eps, Eps, Eps, Eps,
```

```
--                        2, 0, 3, 22,12,SEps,Eps,Eps,Eps,0,0.,FLng,0.)
        dY0 = dY0+dYM
    end

    -- (b) Längswände
    dX0 = 0
    for i=1,5,1 do
--      r,s = btlcmd("kopequad", 0, dX0, 0., dZM[2],  Eps, Eps, dYM+Eps, Eps, Eps, Eps,
--                        2, 0, 3, 21,11,SEps,Eps,Eps,Eps,0,0.,FLng,0.)
--      r,s = btlcmd("kopequad", 0, dX0, 0., dZM[2],  Eps, Eps, dYM+Eps, Eps, Eps, Eps,
--                        2, 0, 3, 22,12,SEps,Eps,Eps,Eps,0,FLng,0.,0.)
        if i<5 then
          dX0 = dX0+dXM[i]
        end
    end

    -- Freiheitsgradkopplungen
    r,s = btlcmd("setquader",1,1,0, dXM[1]+dXM[2], 0.,dZM[2],CEps,CEps,CEps,CEps,SEps+CEps,CEps)
    r,s = btlcmd("setquader",2,1,0, dXM[1]+dXM[2],dYM,dZM[2],CEps,CEps,CEps,CEps,SEps+CEps,CEps)

    r,s = btlcmd("koppktquad",dXM[1]+dXM[2], 0.,dZM[2],1,1,0,0,0,0, 1)
    r,s = btlcmd("koppktquad",dXM[1]+dXM[2],dYM,dZM[2],1,0,0,0,0,0, 2)

end


-- >>> Funktion zur Generierung der Lastfälle
--
--  (1) Eigengewicht
--  (2) Verkehrslasten        1,5 kN/m^2
--  (3) Dachkonstruktion      2,0 kN/m^2
--  (4) Elementtemperaturen

function GenLasten ()
    r   = trace(string.format("HS>>> GenLasten\n"))
    Eps = 0.1

    -- Eigengewicht
    r,s = btlcmd("VLasTotal",nLf,0.,0.,-1.)

    -- Verkehrslasten
    nLf = nLf +1
    dDX = dXM[1]+dXM[2]+dXM[3]+dXM[4]
    r,s = btlcmd("FLasQuad",0.0,0.0,0.0,dDX,0.,dYM,0.,Eps,Eps,nLf,1,0.,0.,-dPm)

    -- Dachkonstruktion
    nLf = nLf +1
    dDX = dXM[1]+dXM[2]+dXM[3]+dXM[4]
    r,s = btlcmd("FLasQuad",0.0,0.0,dZM[2]+SEps,dDX,0.,dYM,0.,Eps,Eps,nLf,1,0.,0.,-dPd)
```

```
    -- Schwinden: Elementlängenreduktion durch Temperatur
    nLf = nLf +1
    dDX = dXM[1]+dXM[2]+dXM[3]+dXM[4]
    r,s = btlcmd("TLasQuad",0,0.0,0.0,dZM[2]+SEps,dDX,0.,dYM,0.,Eps,Eps,nLf,
                        -26.3,0.,0.,0.,0.)

end


-- >>> Funktion zur Generierung der Kombinationen
--
--  (1) Eigengewicht + Verkehrslasten + Elementtemperaturen

function GenKombinationen ()
    r   = trace(string.format("HS>>> GenKombinationen\n"))

    nLf = nLf +1
    r,s = btlcmd("AddKombD",nLf,1,1.0,2,1.0,3,1.0,4,1.0)
    nLf = nLf +1
    r,s = btlcmd("AddKombD",nLf,1,1.0,2,1.0,3,1.0)

end


-- >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>> Ende Funktionen >>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

-- >> Steuerparameter
nLf  = 1
ELng = 100          -- Elementlänge (Größe der Flächenelemente)
FLng = 10           -- Länge der Feder (Abstand des Richtungsknotens)
SEps =  1           -- Spalt für Feder Kopplung
CEps =  0.1         -- Fangparameter für Bauteilverknüpfung

nNoL = 1            -- Nichtlinear (1)
DFix = 0            -- Starre Kopplung der Deckenplatte
BFix = 0            -- Bettung starr (1)
EpsV = 1.e-4        -- Verformungsschranke
EpsK = 1.e-3        -- Kraftschranke

-- >> Projektspezifikation
cTxt1   = "Modellierung eines eingeschossigen Hauses mit LUA-Skript"
cTxt2   = "Klaffende Deckenkopplung, Bettung 52/16 MN/m^3, ohne Reibung"
cTxt3   = "090108"
cDKra   = "kN"
cDLng   = "cm"

-- >> Systemparameter
```

```
-- E-Modul
EKS  =  500     -- KS / Klasse 12
EBT  = 3000     -- B25
-- Gamma (Wichte)
GKS  = 18.e-6
GBT  = 25.e-6
-- Querkontraktion
NKS  = 0.2
NBT  = 0.2

-- Geometrie
-- o Positionen
nXM  = 4
dXM  = {1000;1000; 800;1000;}
dZM  = { 270;  340; }
dYM  = 1300

-- o Dicken
dDSW = 24           -- Seitenwände
dDIW = 24           -- Innenwände
dDDP = 20           -- Deckenplatte
dDFP = 30           -- Fussplatte
dDKW = 25           -- Kellerwände
dDKP = 25           -- Bodenplatte Keller

-- o Federsteifigkeiten (Werte beziehen sich auf Innenraum, nicht auf Rand)
FEDDZ= EBT*ELng*dDSW/SEps   -- Kopplung in Z-Richtung    [kN/cm]
FEDLG= EBT*ELng*dDSW/SEps   -- Kopplung in Längsrichtung [kN/cm]
FEDDQ= EBT*ELng*dDSW/SEps   -- Kopplung in Querrichtung  [kN/cm]

r   = trace(string.format(">>> Federkonstanten..: FEDDZ: %e10.3e, FEDLG: %10.3e, FEDDQ: %10.3e\n",
                          FEDDZ,FEDLG,FEDDQ))

FEDKZ= 429          -- Lagerung Keller in Z-Richtung   [kN/cm]
FEDKQ= FEDKZ/100    -- Lagerung Keller in Querrichtung [kN/cm] (geschätzt und irrelevant)
-- FEDEZ= 220          -- Lagerung Erdgeschoss in Z-Richtung   [kN/cm] (soll)
FEDEZ= 145          -- Lagerung Erdgeschoss in Z-Richtung   [kN/cm] (ist)
FEDEQ= FEDEZ/100    -- Lagerung Erdgeschoss in Querrichtung [kN/cm]

-- o zulässige Spannungen [kN/cm^2]
SGZG = 1.e-3
SGLN = 1.e-3
SGQU = 1.e-3

-- o zulässige Verzerrungen/Dehnungen [1]
VZug = SGZG/EBT
VLng = SGLN/EBT
VQue = SGQU/EBT
```

```
r   = trace(string.format(">>> Zul. Verformungen: VZug: %10.3e, VLng: %10.3e, VQue: %10.3e\n",
                          VZug,VLng,VQue))

-- Deckenlast
dPm  = 1.5e-4   -- Verkehrslast auf Erdgeschossboden                 [kN/m^2]
dPd  = 2.0e-4   -- Gewicht der Dachkonstruktion auf Erdgeschossdecke [kN/m^2]

-- Dateivariablen
PrjFile = "Beispiel-8"
EinFile = string.format("%s.ein",PrjFile)
BBEFile = string.format("%s.bbe",PrjFile)
LstFile = string.format("%s.lst",PrjFile)


-- >> Projektspezifikation
r = SetProjDef (cTxt1,cTxt2,cTxt3,cDKra,cDLng)

-- >> Gruppendaten
r = SetGruppen ()

-- >> Wandmodell
r = GenWaende ()

-- >> Verknüpfung der Elemente
r,s = btlcmd("Connect" ,CEps,CEps)

-- >> Lagerung
r = GenLager ()

-- >> Deckenkopplung
r = GenKopplung ()

-- >> Lastfälle
r = GenLasten()

-- >> Kombinationen
r = GenKombinationen()

-- >> Schreiben der B&B-Datei
r,s = btlcmd("Write",EinFile)

<aul

#>BUBLOAD Beispiel-8.ein
```

Teil III

Zusatzdokumentation

5 Die Konfigurierungsdatei

Das Programm *BUBBAUTL* sieht die Konfigurierung über eine externe Konfigurierungsdatei vor. Das Format dieser Datei entspricht dem *Window*-INI-Format. Standardmäßig wird die INI-Datei (*BUBBAUTL.INI*) im Arbeitsverzeichnis angesprochen. Wird sie nicht dort gefunden, wird zusätzlich im Verzeichnis, in dem das Programm *BUBAUTL.EXE* liegt, nach der Datei gesucht. Wird sie in diesem Verzeichnis auch nicht gefunden, wird eine entsprechende Warnung auf der Konsole ausgegeben.

Es werden die folgenden Initialisierungen unterstützt.

Gruppe	Variable	Beschreibung
Module	BUBVIEW	Pfad und Bezeichnung des *BUBVIEW*-Moduls.
	BUBREC	Pfad und Bezeichnung des *BUBREC*-Moduls.
	BUBPRT	Pfad und Bezeichnung des *BUBPRT*-Moduls.
DIM(1)	Max-Kno	Maximale Dimensionierung des Knotenfeldes.
	Max-Ele	Maximale Dimensionierung des Elementfeldes.
	Max-KLa	Maximale Dimensionierung des Knotenlastfeldes.
	Max-KLa	Maximale Dimensionierung des Flächenlastfeldes.
	Max-VLa	Maximale Dimensionierung des Volumenlastfeldes.
	Max-ETe	Maximale Dimensionierung des Elementtemperaturfeldes.
	Max-Ptn	Maximale Dimensionierung des Punktefeldes.

Tabelle 5.1: Format der Initialisierungsdatei

(1) Die Dimensionierung der internen Felder kann bei Rechnern mit wenig Hauptspeicher zu langen Initialisierungs- und Aufräumphasen führen, da die Felder, die eventuell nicht benötigt werden, auf der Festplatte ausgelagert werden. Mit der expliziten Vorgabe der Felddimensionierung kann das Laufzeitverhalten des Programms optimiert werden.

Teil IV

Anhänge

Anhang A
BBE-Format

A.1 *BBEDump*

Mit dem Programm *BBEDump* können *BBE*-Ergebnisdateien angelistet werden.

Es werden in einem ersten Abschnitt alle Ergebnisblöcke, d.h. die Ergebnisindexinformation, ausgegeben. Darauf folgend werden die in der Kommandozeile vorgegebenen Blöcke gelistet. Es ist dabei zu beachten, dass nur die Ergebnisdaten ausgegeben werden können, die dem Programm bekannt sind. Unbekannte Ergebnisdaten können nicht ausgegeben werden und werden demzufolge überlesen.

Wird das Programm ohne Parameter aufgerufen, wird die nachfolgende Kurzhilfe ausgegeben.

```
BBEDUMP -  B&B-Exportdatenbank-Viewer -  Version 1.01.0000 -19.02.2004
Fachgebiet Baumechanik/Statik - Universitaet Essen  -  FB10
Copyright 2004 Prof. Dr.-Ing. G. Thierauf
Entwickelt von: E. Baeck, M. Ruhe

Syntax: BBEDUMP <DBE> [LST] [STE] [-Vn] [-Bn] [-H]
   <DBE> : Name der anzuzeigenden B&B-Export-Datei
   [LST] : Name der Ausgabedatei
   [STE] : Name der Steuerdatei (noch inaktiv)
   [-Vn] : Von Ergebnisblock (n=0:Alle)
   [-Bn] : Bis Ergebnisblock (n=0:Alle)
   [-Lx] : Lastfallselektor (z.B.: x=1-3;\2;);
   [-Ix] : ID-Selektor      (z.B.: x=1;6;);
   [-Tx] : Typ-Selektor     (z.B.: x=1-8;\2-4;);

   Beispiel:

     BBEDUMP bps1.bbe
```

In Tabelle A.1 werden die Programmoptionen erläutert. Die Reihenfolge der vorgegebenen Programmoptionen ist beliebig.

Parameter	Typ	Beschreibung
BBE	S	Bezeichnung der zu listenden *BBE*-Dump.
LST	S	Bezeichnung der zu erzeugenden *BBE*-Liste. Die Angabe ist optional. Standardmäßig erhält gernerierte Liste das Präfix der *BBE*-Datei und das Suffix *LST*.
V	I	*Von* auszugebendem Ergebnisblock.
B	I	*Bis* auszugebendem Ergebnisblock.
		Werden die Optionen *V* und *B* nicht vorgegeben, werden alle Ergebnisblöcke ausgegeben.
L	S	Selektion der auszugebenden Lastfälle. Ergebnisblöcke, deren Lastfallnummern nicht im Selektionstext liegen, werden nicht ausgegeben(1).
I	S	Selektion der auszugebenden Datensätze, d.h. Knotennummer, Elementnummer. Datensätze, deren Indexnummer nicht im Selektionstext liegen, werden nicht ausgegeben(1).
T	S	Selektion der auszugebenden Datentypen, d.h. Verformungen, Auflagerkräfte, etc.. Ergebnisdatenblöcke, deren Datentypen nicht im Selektionstext liegen, werden nicht ausgegeben(1,2).

Tabelle A.1: Kopieren einer Elementgruppe

(1) Siehe Abschnitt 1.5.

(2) Siehe Abschnitt A.2.

A.2 *BBE*-Ergebnistypen

In diesem Abschnitt werden die in der *BBE*-Ergebnisdatei gespeicherten Standardergebnistypen beschrieben.

Typ	Beschreibung
1	Verformungen und Eigenformen.
2	Auflagerkräfte.
3	Gemittelte Knotenvergleichsspannungen.
4	Elementspannungen an den Bemessungspunkten, dem Elementschwerpunkt und den Knoten bzw. den Gausspunkten.(1)
5	Feder- und Stabschnittkräfte.
6	Knotentemperaturen bzw. Temperaturfeld aus *ANTRAS-TEMP*.
7	Elementschwerpunkttemperaturen, d.h. Temperaturlasten aus *B&B*.
8	Schnittkräfte.
9	Knotenspannungen von Volumenstrukturen.
10	2D-Schnittkräfte in einem beliebigen Koordinatensystem.(2)
11	Allgemeiner Knotenergebnisdatensatz.
12	Allgemeiner Elementergebnisdatensatz.

Tabelle A.2: *BBE*-Ergebnistypen

(1) Die Ergebnisausgabe an den Gausspunkten wurde offiziell noch nicht frei gegeben. Es ist vorgesehen, die Auswertung an Knotenpunkten bzw. Gausspunkten direkt im Berechnungsprogramm *BUBREC* über eine Initialisierungskennung festzulegen.

(2) Diese Option wurde noch nicht implementiert. Die hier angesprochenen Schnittkräfte werden nach Konzept aus *BUBVIEW* in die *BBE*-Datei geschrieben.

A.3 ***BBE*-Berechnungstypen**

In diesem Abschnitt werden die in *B&B* verfügbaren Berechnungstypen beschrieben. Die Berechnungsergebnisse werden unter Verwendung der in Tabelle A.3 genannten Typbezeichnung (0-3) in der *BBE*-Ergebnisdatei abgelegt.

Typ	Beschreibung
0	Lineare Berechnung.
1	Stabilität oder Eigenfrequenzanalyse.
2	Nicht lineare Berechnung (geometrisch und/oder physikalisch)(1).
3	Dynamische Berechnung (Modale Analyse und Zeitintegration).

Tabelle A.3: *B&B*-Berechnungstypen

(1) Bei der nichtlinearen Berechnung werden (wahlweise) die Berechnungsergebnisse zu den einzelnen Laststufen in der *BBE*-Datei abgespeichert.

Anhang B
ANSYS-Erläuterungen

B.1 Steuerdaten

B.1.1 Datenprüfung

Mit den folgenden Kommandos wird bei einem *ANSYS*-Berechnungslauf die Datenprüfung ausgeschaltet. Da bei detektierten Fehlern im interaktiven Modus eine Benutzerbestätigung erforderlich ist, ist das Ausschalten der Fehlerprüfung bei großen Systemen äußerst hilfreich. Um dies zu erreichen, sind die folgenden Kommandos in die *ANS*-Datei nach dem Befehl `\prep7` einzufügen.

```
MODMSH,NOCHECK
SHPP,OFF
```

B.1.2 Geometrisch Nichtlinieare Berechnung

Mit dem Kommando *NLGEOM, ON* wird die geometrisch nichtlineare Berechnung eingeschaltet. Dieses Kommando muß vor jedem Lösungsschritt stehen (Kommando *SOLVE*), siehe auch [ASB1] Seite 221.

```
...
NLGEOM,ON
...
SOLVE
...
```

B.1.3 Lastsummen

Eine der wichtigsten Kontrollgrößen einer FE-Berechnung ist die Lastsumme. Es werden alle Auflagerkräfte aufsummiert und für alle Koordinatenrichtungen ausgegeben. In nachfolgendem Beispiel wird eine *ANSYS*-Steuerdatei gelistet, die für die drei ersten Lastfälle einer Berechnung Lastsummen in verschiedene Textdateien schriebt.

```
/POST1

/output,LastsummenLf1,txt
SET,FIRST
!*
FSUM,0,ALL
PRETAB
!*
/output,LastsummenLf2,txt
SET,NEXT
!*
FSUM,0,ALL
PRETAB
!*
/output,LastsummenLf3,txt
SET,NEXT
!*
FSUM,0,ALL
PRETAB
!*
```

Anhang C
Automatisierte Nachweisführung

C.1 Schraubennachweise

Im folgenden werden die Vorarbeiten zur Führung des Schraubennachweises (z.B. VDI-2230) basierend auf den Spannungsergebnislisten des Programms *ANSYS* skizziert.

C.1.1 Umsetzen der ANSYS-Ergebnisse

Es werden die Koordinatenspannung der Berechnung des statischen und des dynamischen Lastfalls in getrennten Dateien für Elementober- bzw. unterseite zusammengestellt. Unter dem dynamischen Lastfall wird in diesem Zusammenhange der Betriebslastfall verstanden.

C.1.2 Erstellen der *BBE*-Ergebnisdatenbanken

Für die Normal- bzw. Schubspannungen wird für den statischen und den dynamischen Lastfall je eine *BBE*-Ergebnisdatenbank zur Analyse der Verteilung der Maximalspannungen erstellt.

Als Beispiel wird nachfolgend die Generierung der *BBE*-Ergebnisdatenbank für die Normalspannung im statischen Lastfall dargestellt. Nach Initialisierung der *BBE*-Datenbank werden die Spannungen für Elementoberseite bzw. Elementunterseite schrittweise für jeden Lastfall (siehe Abschnitt 2.22.5) geladen. Die Skalierung der Spannung (Parameter *Skal*) entspricht der Integration der Spannung über Elementdicke und Schraubeneinflußbreite. Die integrierte Schnittkraft wird auf dem Spannungsfeld der Vergleichsspannung abgelegt, um im Programm *B&B-VIEW* analysiert werden zu können.

```
ans2bbe_init n-spa-as.bbe 53000
#               File              Lf  Ort  Do Erg Skal
ans2bbe_loadsig SpannungenLF1-2.txt  1   1   0  0
ans2bbe_loadsig SpannungenLF1-1.txt  1   0   2  2   0.96
```

```
ans2bbe_loadsig SpannungenLF2-2.txt  2   1   0  0
ans2bbe_loadsig SpannungenLF2-1.txt  2   0   2  2   0.96

ans2bbe_loadsig SpannungenLF3-2.txt  3   1   0  0
ans2bbe_loadsig SpannungenLF3-1.txt  3   0   2  2   0.96

ans2bbe_loadsig SpannungenLF4-2.txt  4   1   0  0
ans2bbe_loadsig SpannungenLF4-1.txt  4   0   2  2   0.96

ans2bbe_loadsig SpannungenLF5-2.txt  5   1   0  0
ans2bbe_loadsig SpannungenLF5-1.txt  5   0   2  2   0.96

ans2bbe_loadsig SpannungenLF6-2.txt  6   1   0  0
ans2bbe_loadsig SpannungenLF6-1.txt  6   0   2  2   0.96

ans2bbe_exit
```

C.1.3 Festlegen der Auswertebereiche

Um auf die Schraubennormal- bzw. querkraft zu schließen, sind die im Abschnitt C.1.2 ermittelten Schnittkräfte über den Schraubeneinflußbereich zu mitteln. Die Schraubeneinflußgebiete können interaktiv mit dem Programm *B&B-VIEW* zusammengestellt werden.

Eine in *B&B-VIEW* zusammengestellte Bauteildatei wird im folgenden dargestellt.

```
bauteil 1
sel 50189;50184;50180;50176;
bauteil 0

bauteil 2
sel 50190;50193;50197;50203;
bauteil 0

bauteil 3
sel 50205;50209;50211;50212;
bauteil 0

bauteil 4
sel 50665;50666;50668;50669;
bauteil 0
```

C.1.4 Auswertung der Bereiche

Für die festgelegte Bereiche werden Normal- und Querkräfte mit dem Kommando *Get_NQ_LoadCases* gemittelt (siehe Abschnitt 2.16.15).

```
# Schraubenkräfte Auflaustoss
# Normalspannungen für Abscheren

set_bauteil 1 bereich01-07.ste
#                nOrt Doc BBE           TEX-Datei      Liste      Sort App Lf
get_nq_loadcases 0    B1 n-spa-as.bbe n-spa-as.tex  n-spa-as.txt  1    0  1-18;

reset_filter

set_bauteil 2 bereich01-07.ste
get_nq_loadcases 0    B2 n-spa-as.bbe n-spa-as.tex  n-spa-as.txt  1    1  1-18;

reset_filter

set_bauteil 3 bereich01-07.ste
get_nq_loadcases 0    B3 n-spa-as.bbe n-spa-as.tex  n-spa-as.txt  1    1  1-18;
```

Die Auswertung mit *BUBBAUTL* liefert eine Liste der optional sortierten Schraubenkräfte.

```
B1
 Auswerteort : Oben  / Betragsmäßiges Maximum
  Lf  F
  ------
 7   7.14
 1   7.10
 3   7.07
 5   7.07
 4   5.40
 2   5.40
 8   5.37
 6   5.37
```

Literaturverzeichnis

[BHB] Thierauf, G. et al:
Benutzerhandbuch *B&B*
Programmsystem zur Berechnung und Bemessung allgemeiner Tragwerke,
Essen, 2002

[THB] Thierauf, G. et al:
Theoriehandbuch *B&B*
Programmsystem zur Berechnung und Bemessung allgemeiner Tragwerke,
Essen, 2002

[BBV] Baeck, E.:
Handbuch zum Program *BUBVIEW*, *B&B*
Programmsystem zur Berechnung und Bemessung allgemeiner Tragwerke,
Essen, 2002

[ATC] Baeck, E.:
ANTRAS - Handbuch zum Programmodul *TEMP* / *Check*,
Essen, 2001

[ATM] Baeck, E.:
ANTRAS - Handbuch zum Programmodul *TEMP* / *Main*,
Essen, 2001

[ASB1] Müller, Groth:
FEM für Praktiker - Band 1: Grundlagen,
Basiswissen und Arbeitsbeispiele zur Finiten-Element-Methode mit dem FE-Programm ANSYS Rev. 5.5, 7. Auflage 2002

[DIN4133] DIN 4133, November 1991, "Schornstein aus Stahl",
Beuth, Berlin

[DIN1055] DIN 1055 Teil 4, August 1986, "Lastannahmen für Bauten",
Beuth, Berlin

[DIN15018] DIN 15018, November 1984,
"Krane, Grundsätze für Stahltragwerke, Berechnung",
Beuth, Berlin

[LUA] LUA 5.0 Reference Manual,
2003 Tecgraf, PUC-Rio. All rights reserved.